

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

PŘEHLED BEZPILOTNÍCH LETOUNŮ

SUMMARY OF UNMANNED AERIAL VEHICLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ HAMAN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. IVAN DOFEK

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Haman Tomáš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Přehled bezpilotních letounů

v anglickém jazyce:

Summary of Unmanned Aerial Vehicle

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytvořte obecný přehled bezpilotních letounů. V přehledu uveďte technické parametry vybraného bezpilotního letounů, obrázek, stručný vývoj, možnosti a oblasti uplatnění. Dále dle možností, účelu a vhodnosti bezpilotní letouny mezi sebou porovnejte.

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem bakalářské práce je vytvoření obecného přehledu bezpilotních letounů.

Seznam odborné literatury:

Newcome, Laurence R., Unmanned aviation :a brief history of unmanned aerial vehicles,
AIAA American Institute of Aeronautics 2004

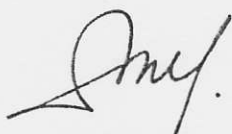
Daly, Mark, Jane's unmanned aerial vehicles and targets,
Jane's Information Group Limited 2008

Holder, Bill, Unmanned Air Vehicles :an illistrated study of UAVs, Schiffer Military 2001
<http://www.wikipedia.org/>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivan Dofek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 20.11.2009



prof. Ing. Antonín Pištěk, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá přehledem bezpilotních letounů. Je zde uveden jejich historický vývoj a možná využití, u vybraných letounů jsou jejich technické parametry včetně obrázků. Práce obsahuje několik druhů dělení UAV dle různých kritérií. Z těchto kategorií bylo vybráno několik zástupců, kde je následně u každého z nich uvedeno několik charakteristických údajů. V poslední části práce je porovnáno několik letounů dvou blízkých kategorií.

Klíčová slova: Bepilotní letoun, UAV, přehled, historie, srovnání, typy

Abstract

The bachelor's thesis deals with summary of unmanned aircraft. There is a reference to their historical development and possible uses for the selected aircraft are their technical parameters, including pictures. Thesis contains several types of UAV division according to various criteria. From these categories was selected a few representatives, which is followed by each of them a few characteristic data. The last part is a comparison of several aircrafts between two close categories.

Keywords: Unmanned aircraft, UAV, overview, history, comparison, types

Bibliografická citace bakalářské práce

HAMAN, T. *Přehled bezpilotních letounů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ivan Dofek.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně za použití zdrojů uvedených na konci práce.

V Brně 20. 5. 2010

.....
podpis

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mě jakkoliv podporovali na vzniku této práce. Na prvním místě samozřejmě vedoucímu práce panu Ing. Ivanu Dofkovi za neutuchající podporu a ochotu, kterou mi věnoval po celou dobu tvorby práce. Chci také poděkovat svým nejbližším za trpělivost, kterou prokazovali při mé práci na následujícím textu.

OBSAH

1 Úvod	3
2 Historie	4
3 Hlavní výrobci a organizace	7
4 Rozdělení	10
5 Zástupci kategorií	16
5.1 Micro UAV	
5.1.1 Wasp	16
5.1.2 Dragon Slayer	17
5.1.3 iStar	18
5.2 Mini UAV	
5.2.1 SensoCopter	19
5.3 Close Range	
5.3.2 Rmax II	19
5.3.1 Silver Fox	20
5.4 Short Range	
5.4.1 Sojka III	21
5.5 Medium Range	
5.5.1 Fire Scout	22
5.5.2 Hunter	22
5.6 LADP	
5.6.1 Nibbio	23
5.7 LALE	
5.7.1 Aerosonde, Specto	24
5.8 MALE	
5.8.1 Predator	25
5.8.2 Heron TP	26
5.9 HALE	
5.9.1 Global Hawk, Euro Hawk	27
5.10 UCAV	
5.10.1 Neuron	28
5.10.2 Pegasus	29
6 Srovnání	30
7 Závěr	37
Seznam použitých zdrojů	39
Seznam použitých zkratk	44

1 Úvod – co je bezpilotní letoun

Bezpilotní letoun (UAV – unmanned aerial vehicle) je letadlo bez lidské posádky, které může být řízeno na dálku, nebo létat samostatně pomocí předprogramovaných letových plánů nebo pomocí složitějších dynamických autonomních systémů. Tento pojem označuje letouny různých velikostí, uspořádání a vlastností. Armádou využívané naváděné střely nejsou brány jako bezpilotní letouny, protože jsou pouze na jedno použití, i když jsou bezpilotní a v některých případech řízeny vzdáleně.

Do armády se investují nemalé finanční prostředky, proto i UAV pochází z vojenského průmyslu, kde se bezpilotní letadla používají často k průzkumným i útočným letům. Používají se ale také k mnoha civilním úkolům, například k hašení požárů, sledování sopečné erupce zblízka, policejnímu sledování, při tvorbě reportáží pro rozhlasového a televizního vysílání nebo průzkumu terénu. UAV mohou sloužit jako nástroj pro vyhledávání a záchranu osob uvízlých ve zhroutených budovách při zemětřesení, ztracených v poušti nebo na moři.

Bezpilotní letecké systémy se skládají ze šesti složek: z letadla, jeho užitečného zatížení, z datového komunikačního spojení, pozemní řídicí stanice, pozemního podpůrného vybavení a z pozemních operátorů.

V současné době jejich vojenské modifikace mohou úspěšně provádět průzkum i útok v misích. Bezpilotní letouny se často uplatňují v úkolech, které jsou příliš "rutinní" nebo "nebezpečné" pro letadla s posádkou. Jejich hlavním problémem je náchylnost na poškození a možné chybné zacílení objektu.



Obr. 1: Letící Predator B

Zdroj [2], [3]

Definice podle ČSN 31 0001: Bezpilotní letoun - letadlo způsobilé létat bez pilota, které je za letu řízené automatickým zařízením nebo dálkově ze země.

2 Historie

První dálkově řízené letouny se začaly objevovat v období po první světové válce v USA a Velké Británii. Nebyly však použity pro průzkum, ale spíš šlo o terče pro nácik protiletadlové palby nebo o létající bomby. Např. britské letectvo používalo dálkově řízenou verzi dvojplátníku Tiger Moth nazvanou Queen Bee. Američané zase nakoupili malé letounky Radioplane OQ-2, které byly hodně podobné dnešním leteckým modelům. Během druhé světové války se bezpilotní letouny dočkaly svého nasazení. Známé je použití upravených dálkově řízených bombardérů B-17 a B-24 proti významným cílům v Německu a okupované Evropě. Obecně však použití bezpilotních letadel za druhé světové války nebylo příliš významné ani úspěšné.

Za korejské války se dočkaly použití bezpilotní „sebevražedné“ verze stíhače F6F Hellcat a útočného letounu AD Skyraider.



Obr. 2: Queen Bee



Obr. 3: Radioplane OQ-2

Zlomovým okamžikem v dějinách bezpilotních letadel byla válka ve Vietnamu. Americké letectvo hojně používalo letoun Ryan Q-2 Firebee. Od roku 1964 byly vysílány nad Vietnam a mimořádně se osvědčily. Další létaly nad komunistickou Čínou a Severní Koreou. Vzniklo přes dvacet různých variant určených pro různé výšky a nesoucích nejrůznější vybavení, kromě denních a nočních fotoaparátů také např. vrhače letáků. Celkem bylo zhotoveno více než 1 000 letounů, které uskutečnily tisíce operačních letů. Tento letoun byl využíván třicet let před dnes tolik populárním Predátorem.



Obr. 4: Ryan Q-2 Firebee



Obr. 5: MQ-9 Reaper (Predator B)

V té době už se do vývoje bezpilotních prostředků zapojil také Sovětský svaz. Prvním moderním typem byl dálkově řízený terč Lavočkin La-17, jež se dostal do výzbroje koncem 50. let a počátkem 60. let vyvinut nadzvukový Tu-123 Jastreb. Z něj pak vzešla

celá řada příbuzných typů, například Tu-143 Rejs, který byl i ve výzbroji bývalého Československa.

Skutečnou supervelmocí se ale v oblasti UAV stal Izrael. Asi právě proto, že jeho ozbrojené síly přijaly jako první tuto kategorii za standardní součást své výbavy. Izraelci získali vůdčí postavení hlavně v kategorii taktických bezpilotních letounů pro nasazení přímo na bojišti. Potvrzuje to fakt, že Američané se obrátili právě na Izrael, aby získali prostředky tohoto druhu. Prvním z nich se stal RQ-2 Pioneer, který vychází ze známého typu Scout, toho pro USA upravila firma AAI Corporation. Dalším úspěšným americko-izraelským typem je RQ-5 Hunter, jež vznikl spoluprací izraelské IAI (Israel Aircraft Industry) a americké Northrop Grumman.

USA nasadilo bezpilotní prostředky roku 1991 proti Iráku, kde byly úspěšné. Američané však nespolehnali jen na spolupráci s Izraelem. Velké letecké firmy začaly vyvíjet vlastní typy a vznikly i podniky, které se na bezpilotní prostředky specializovaly. Nejznámější jsou AeroVironment a General Atomics. První z nich se zaměřil na menší taktické typy a k jeho výrobkům patří známé letouny FQM-151 Pointer a RQ-11 Raven. Oba mají tak malé rozměry, že se dají vypouštět z ruky. Naproti tomu společnost General Atomics se rozhodla investovat do vývoje prostředků s delší výdrží. Jejich prvním nasazeným letounem se stal Gnat-750, který úspěšně létal nad bývalou Jugoslavií. Později byl vyvinut RQ-1 Predator, resp. MQ-9 Reaper (Predator B), který se stal známým a populárním až po začátku globální války proti terorismu. Po montáži dvou závěsníků umožňujících nést rakety proslul jako první bojový bezpilotní prostředek.



Obr. 6: Gnat-750

Mezi významné americké producenty bezpilotních letadel patří také firma Northrop Grumman, která v současnosti nabízí prostředek RQ-4 Global Hawk, jež vládne kategorii výškových bezpilotních letounů s velkou vytrvalostí. Stal se tím nejtěžším a nejdražším bezpilotním prostředkem, který byl zatím vyroben. Zcela jinou kategorii představuje bezpilotní vrtulník RQ-8 Fire Scout. K trendu zavádění průzkumných prostředků bez posádky se pak připojily i vyspělé evropské země, zejména Velká Británie, Francie, Německo, Itálie, Belgie a Švýcarsko. Státy východního bloku byly zásobovány převážně technikou sovětského původu. Mnohé východoevropské země vyvíjely i vlastní typy, to dokazuje např. náš letoun Sojka. Koncem 80. a v průběhu 90. let však počet bezpilotních letadel začal prudce růst.



Obr. 7: Fire Scout MQ-8

V současné době na světě létá už okolo sta typů UAV a hodně nových je vyvíjeno. Nejedná se jen o prostředky původem z USA, Ruska či západní Evropy. Řadu typů bezpilotních letadel vyrábí například Čína, Indie, Pákistán, Jižní Afrika, arabské země nebo republiky bývalé Jugoslávie. Rozšíření bezpilotních prostředků je především důsledkem technického pokroku a stále více populárnější miniaturizace.

Zdroj [4]

Významné mezníky UAV

Počátky UAV : Orville a Wilbur Wrightové vykonali první historický let dne 17.12.1903, primitivní UAV technologie byla použita pro boj a dohled nejméně ve dvou válkách.

1910: Během první světové války se uskutečnil první UAV let v USA, i přes různorodé výsledky v bezpilotních zkušebních letech byl poznán jejich velký vojenský potenciál v boji.

1930: Po více než 10 letech od skončení První světové vývoj bezpilotních letadel v USA a v zahraničí prudce kleslá. V průběhu třicátých let se UAV ukazuje jako důležitý nástroj bojového výcviku.

1940: Během druhé světové války nacistické Německo se svým inovativním V-1 ukázalo, jakou obrovskou hrozbu by mohly UAV představovat v boji. Americké pokusy eliminovat V-1 položily základy pro poválečné programy UAV v USA.

1960: Použití UAV Firebee ve válce ve Vietnamu.

1970: Úspěch Firebee pokračuje i po skončení války ve Vietnamu. Zatímco ostatní země začínají rozvíjet vlastní moderní UAV systémy, USA nastavuje svou pozornost na jiné typy bezpilotních prostředků.

1980: Během konce sedmdesátých a v průběhu let osmdesátých izraelské letectvo propaguje několik důležitých nových bezpilotních prostředků, které byly začleněny do flotily UAV v mnoha jiných zemích včetně USA.

1990 - současnost: UAV jsou trvale začleňovány do vyspělého vojenského arzenálu. Hrají také roli v mírovém monitorování situace na Zemi.

Budoucnost: Bepilotní letouny zítřka se mohou vyvinout do MAV (Micro Air Vehicle) nebo micro UAV, které mohou být tak malé, že mohou startovat a přistávat doslova na dlani rukou jejich provozovatelů. USA, Velká Británie, Korea, Izrael vyvíjejí MAV pro využití v budoucnu.

Zdroj [5]

3 Hlavní výrobci a organizace

Organizace zabývající se problematikou UAV

Mezinárodní:

AUVSI (USA)

UVS International (Francie)

UCARE

Národní:

AESiNT (Španělsko)

JUAV (Japan)

Korea UVS Association (Korea)

UAV DACH (Německo)

UAVS (Velká Británie)

UNITE (USA)

UVS Canada (Kanada)

UVS New Zealand Australia (Nový Zéland)

Zdroj [1]

Hlavní výrobci a provozovatelé

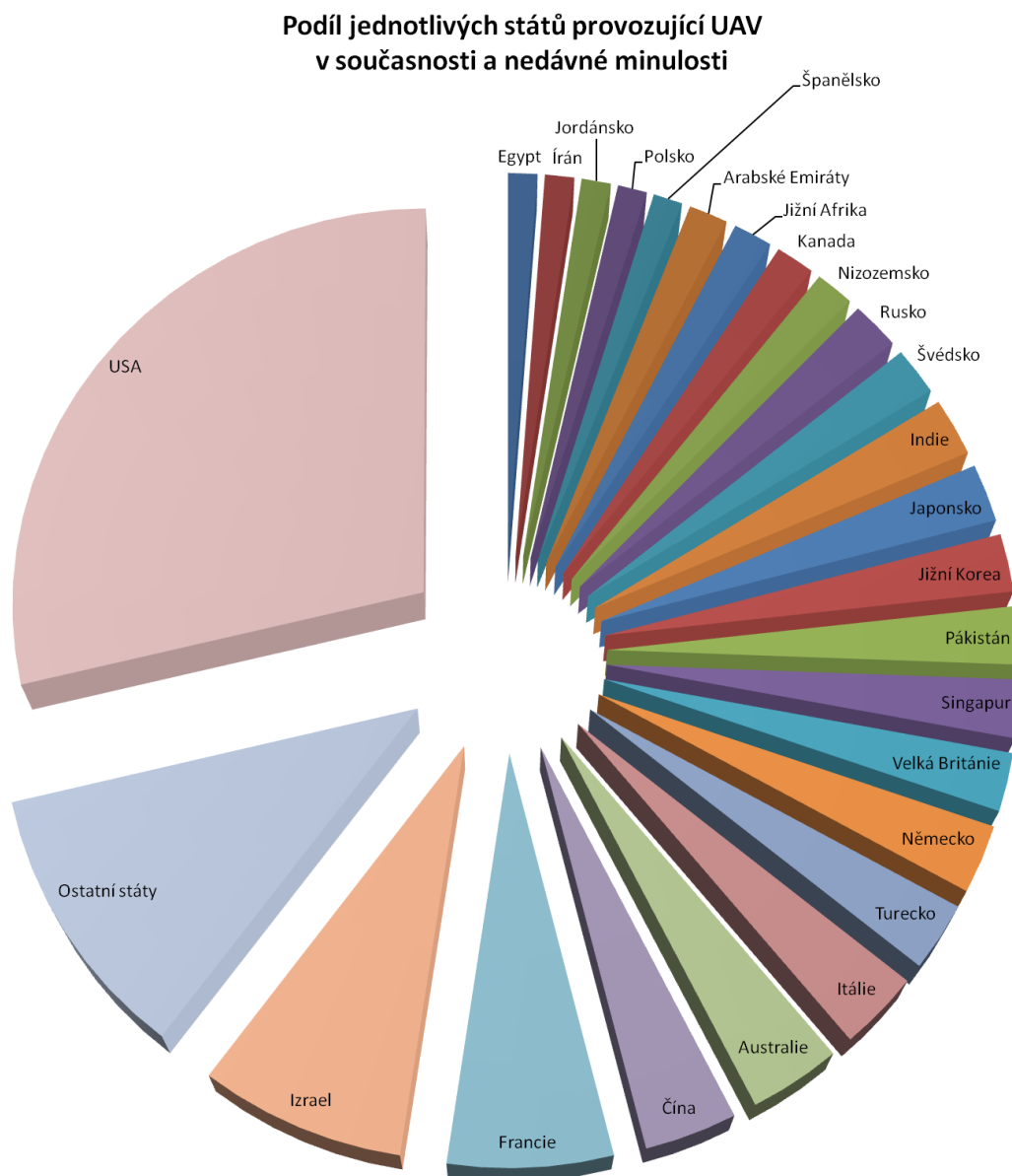
V historii už bylo popsáno, že hlavními vývojáři a provozovateli jsou USA, Izrael, Francie a další země světa. Letouny pocházející z USA a Izraele se dají identifikovat podle následujícího označení.

USAF vkládá před názvy svých letounů zkratky RQ a MQ („R“ je označení DOD (Department of Defense – Ministerstvo obrany pro průzkum), „M“ (multi – víceúčelové, lze vybavit zbraněmi) a „Q“ odkazuje na bezpilotní systém letadla)

Izrael zase používá zkratku IAI (Israel Aircraft Industry). Tyto dvě hlavní země potom prodávají letouny jiným zemím světa, v konfiguracích závislých na jejich potřebách (průzkumné či bojové účely). Izrael a USA jsou si navzájem konkurenty, ale existuje také komerční zájem o UAV pro nevojenské účely, což vede ke vzniku soukromých vývojářů po celém světě.

V Iráku a v Afghánistánu nalétaly tyto prostředky přes 500 000 letových hodin. Sloužily ke zpravodajské činnosti, dohledu nad bojištěm, průzkumu, sledování cílů i k boji. Níže je uvedeno vyobrazení jejich procentuálního zastoupení.

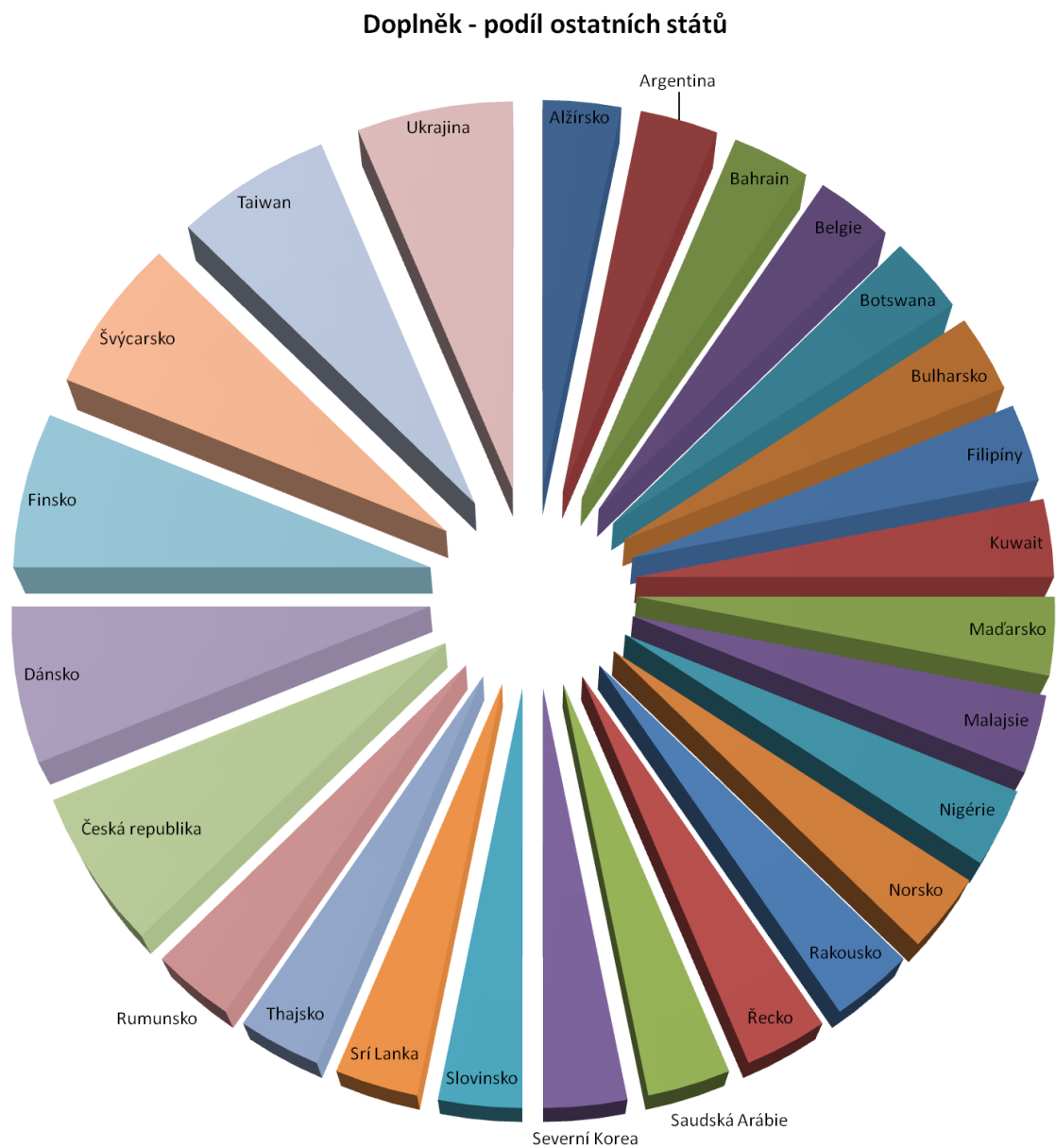
Zdroj [6]



Graf 1: Podíl nejvýznamnějších států

Tab 1: Počty provozovaných letounů jednotlivými zeměmi

Egypt	3	Kanada	4	Pákistán	6	Čína	9
Írán	3	Nizozemsko	4	Singapur	6	Francie	16
Jordánsko	3	Švédsko	5	Velká Británie	6	Izrael	20
Španělsko	3	Rusko	5	Německo	7	Ostatní státy	28
Polsko	3	Jižní Korea	6	Turecko	7	USA	73
Jižní Afrika	4	Japonsko	6	Itálie	8		
S. A. Emiráty	4	Indie	6	Austrálie	9		



Graf 2: Podíl ostatních států

Tab 2: Počty provozovaných letounů ostatními zeměmi

Argentina	1	Kuwait	1	Řecko	1	Rumunsko	1
Bahrain	1	Maďarsko	1	Saudská Arábie	1	Česká rep.	2
Belgie	1	Malajsie	1	Severní Korea	1	Dánsko	2
Botswana	1	Nigérie	1	Slovinsko	1	Finsko	2
Bulharsko	1	Norsko	1	Srí Lanka	1	Švýcarsko	2
Filipíny	1	Rakousko	1	Thajsko	1	Taiwan	2
						Ukrajina	2

Zdroj [1]

4 Rozdělení

Letouny mohou být klasifikovány podle nejrůznějších hledisek, hlavní rozdělení by však bylo podle účelu na **vojenské** a **civilní užití**.

Aspekty jako je hmotnost, doba letu, dolet, rychlost a zatížení křídla jsou důležité, rozlišují různé typy bezpilotních prostředků a vedou k užitečným systémům klasifikace. Náklady, rozpětí křídel a maximální letová výška jsou také funkce, podle kterých lze dělit bezpilotní prostředky, dále např. typ motoru a maximální výkon. Třídít bychom je mohli i podle způsobu vzletu (konvenční, s kolmým startem). Dělení podle funkčních vlastností je užitečné pro projektanty, výrobce a potenciální zákazníky, protože umožňuje, aby tyto skupiny nejlépe vyhověly jejich požadavkům.

Existuje tedy mnoho různých aspektů, podle kterých lze třídít, jeden a tentýž letoun spadá do více kategorií, které se prolínají, proto se práce nejdříve věnuje rozdělení dle jednotlivých zdrojů a potom seznámení s jednotlivými typy letounů. U skupin jsou uvedeni zástupci.

Dle nalezených zdrojů můžeme bezpilotní letouny dělit:

- [1] podle hlavní výkonnostních charakteristik (váha, výdrž a dolet, maximální výška letu, zatížení křídel, typu motoru, výkon/tah zatížení),
- [2] dle Doplnku X – bezpilotní systémy
- [3] rychlosti letu,
- [4] funkčních kategorií,
- [5] do skupin v závislosti na hmotnosti, provozním dostupu a rychlosti,
- [6] posláním,
- [7] amerických vojenských tříd podle letectva a námořnictva,
- [8] do skupin v závislosti na hmotnosti, doletu, výšce a době letu.

➤ **[1] Hlavní výkonnostní charakteristiky:**

- ❖ Váha
- ❖ Výdrž a dolet
- ❖ Maximální výška letu
- ❖ Zatížení křídel
- ❖ Typ motoru
- ❖ Výkon/tah zatížení

Zdroj [6]

Tab 3: Rozdělení podle váhy

Rozdělení podle váhy		
Kategorie	Rozsah váhy	Příklad
Micro	<5 kg	Dragon Eye
Light	5 – 50 kg	RPO Midget
Medium	50 – 200 kg	Raven
Heavy	200 – 2 000 kg	A-160
Super Heavy	>2 000 kg	Global Hawk

Tab. 4: Rozdělení podle výdrže a doletu

Rozdělení podle výdrže a doletu			
Kategorie	Výdrž	Dolet	Příklad
Low	< 5 h	< 100 km	Pointer
Medium	5 – 24 h	100 – 400 km	Silver Fox
High	> 24 h	> 1 500 km	Predator B

Tab. 5: Rozdělení podle max. výšky letu

Rozdělení dle max.výšky letu		
Kategorie	Rozsah váhy	Příklad
Low	< 1 000 m	Pointer
Medium	1 000 – 10 000 m	Finder
High	> 10 000 m	Darkstar

Tab. 6: Rozdělení podle zatížení křídel

Rozdělení dle zatížení křídel		
Kategorie	Zatížení křídel	Příklad
Low	< 50 kg/m ²	Seeker
Medium	50 – 100 kg/m ²	X – 45
High	> 100 kg/m ²	Global Hawk

Tab. 7: Rozdělení podle typu použitého pohonu

Rozdělení dle typu použitého pohonu / motoru / příklady							
UEL Rotary	Dvouproud.	2-dobý	Pístový	Turbovrtul.	Elektrický	Push - Pull	Vrtulový
Outrider	Global H.	Pioneer	Predator	Predator B	Dragon Eye	Hunter	LEWK
Shadow	Phoenix	RPO Mignet	Neptune		Pointer		Sperwer
	X – 45		Finder		Raven		
	Fire Scout		Heron		Luna		
			Silver Fox		Javelin		
			A 160				
			Seeker				

- Letouny jsou nejčastěji poháněny spalovacím nebo elektrickým motorem, ale používá se i proudový motor. Elektrické motory se využívají u menších, lehčích UAV, zatímco spalovací jsou určeny pro ty těžší. Volba druhu pohonu má rozhodující vliv dobu letu a dolet (vhodně zvolený typ motoru může obojí zvýšit).

➤ **[2] Klasifikace podle Doplnku X – Bepilotní systémy:**

- Tento doplněk byl vydaný ÚCL a je v něm soustředěn regulační materiál pro bepilotní systémy. Primárním důvodem vydání je používání jednotných pravidel provozu ve společném vzdušném provozu a s nimi spojená provozní omezení pro bepilotní systémy, ty jsou považovány za zcela zásadní pro zajištění bezpečnosti ostatního letového provozu a ochranu osob a majetku na zemi.

❖ Podle maximální vzletové hmotnosti:

- Bepilotní prostředky do 7 kg
- B. p. od 7 do 20 kg
- B. p. od 20 kg

❖ Podle druhu provozu na prostředky provozované:

- V dohledu pilota
- Mimo dohled pilota

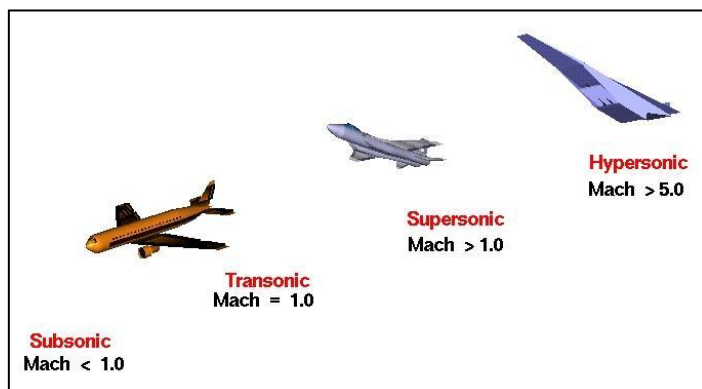
❖ Podle způsobu využití:

- Rekreační účely
- Sportovním účelům
- Letecké činnosti
- Letecké práce pro vlastní potřebu
- Experimentální a výzkumné účely

Zdroj [7]

❖ **[3] Rozdělení podle rychlosti letu:**

- subsonický ($MACH < 1.0$)
- transsonický ($MACH = 1.0$)
- supersonický ($MACH > 1.0$)
- hypersonický ($MACH > 5.0$)



Obr. 8: Rychlost letu

Zdroj [3]

- ❖ **[4] Řazení do funkčních kategorií** (přestože začínají postupně převažovat multifunkční letouny):
 - Cíle a návnady – poskytují pozemní a vzdušné cíle simulující nepřátelské letadla nebo střely
 - Průzkumné – poskytující informace o bojišti
 - Bojové – schopné útoku ve velmi rizikových misích
 - Logistické – UAV speciálně navržené pro logistické účely
 - Výzkumné a vývojové – používané k dalšímu vývoji UAV technologií
 - Civilní a komerční – UAV speciálně navržené pro civilní nebo komerční aplikace

Zdroj [3]

- ❖ **[5] Kategorie v závislosti na hmotnosti, provozním dostupu a rychlosti:**
 - **Skupina 1** – hmotnost do 20 liber (9,1 kg), provozní dostup do 1 200 stop (366 metrů) nad terénem a rychlost do 250 uzlů (463 km/h) (RQ-11 Raven)
 - **Skupina 2** – hmotnost 21 – 55 liber (9,5 – 25 kg), provozní dostup do 3 500 stop (1 067 metrů) nad terénem a rychlost do 250 uzlů
 - **Skupina 3** – hmotnost 55 – 1 320 liber (25 – 599 kg), provozní dostup do 18 000 stop (5 486 metrů) nad mořem a rychlost do 250 uzlů (RQ-7B Shadow)
 - **Skupina 4** – hmotnost více než 1 320 liber, provozní dostup do 18 000 stop při jakékoli rychlosti (RQ-8A Fire Scout, MQ-1 Predator)
 - **Skupina 5** – hmotnost více než 1 320 liber, provozní dostup nad 18 000 stop při jakékoli rychlosti (MQ-9 Reaper, RQ-4 Global Hawk)

Zdroj [8]

- ❖ **[6] Rozdělení z hlediska poslání:**

- **ISTAR** (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance/ pozorování, prozkoumávání a získávání cílů) ISTAR je systém bezpilotních prostředků sloužící pro shromažďování informací o nepříteli, tato kategorie obsahuje nejvíce bezpilotních prostředků (**Dragon Eye, FPASS/Desert Hawk, Global Hawk, Shadow, Phoenix, Pioneer, Predator A, Raven, Silver Fox**).

- **UCAV** (unmanned combat aerial vehicle)
Tato kategorie obsahuje letadla, která jsou výborně ovladatelná a schopná zapojit se do boje vzduch-vzduch či vzduch-země. Ve srovnání s jinými letouny mají vyšší cestovní rychlosti, ale často kratší dobu letu. Všechny UCAV jsou v současné době v experimentální a testovací fázi (**X45A, X45C, X46, X47A, X47B, X50**).

- **Multi-Purpose** (víceúčelové)
Jedná se o upravené průzkumné bezpilotní letouny, které mohou být vyzbrojené. Provádějí ozbrojený průzkum a v případě nutnosti jsou připraveny zasáhnout. Jde o velmi účinnou vojenskou podporu (**MQ-1 Predator, MQ-5B Hunter, MQ-9 Predator B**).

- **VTOL** (Vertical Take-Off and Landing/ kolmý vzlet a přistání)

Už z jednotlivých slov tvořících zkratku bude zřejmé, čím jsou charakteristické. Díky svému vertikálnímu startu a přistání nepotřebují vzletovou a přistávací dráhu, tato schopnost je pro některé mise rozhodující. Jsou ideální pro použití v nepřístupném terénu (les, džungle), kde jiné UAV mají omezenou manévrovatelnou. Jsou velmi důležité pro vojenské loďstvo (**Hummingbird Warrior, Fire Scout, Killer Bee, X50**).

- **Radar and Communication Relay** (radarové a komunikační vysílání)

Jedná se prostředky schopné přijímat a předávat dál např. rozhlasový signál, a tak umožnit komunikaci mezi vzdálenými jednotkami (**TARS** (Tethered Aerostat Radar Systém), **NSMV** (Near Space Maneuvering Vehicle) /**Ascender/V-Airship**).

- **Resupply Aerial Delivery and Resupply** (letecké dodávky a zásobování)

UAV v této kategorii jsou určeny pro malé dodávky, např. zásobování potravinami a municí speciálním jednotkám (**CQ-10 Snow Goose**).

Zdroj [3]

➤ **[7] Americké vojenské UAV klasifikace:**

Toto rozdělení do tříd neodkazuje na konkrétní letadla, ale na role, které jednotlivé modely a výrobci konkurenčních letadel zastávají. USAF, US Army a Marine Corps mají své vlastní skupiny.

❖ **Třídy USAF:**

- Tier N/A: Mini/Micro UAV – Wasp III
- Tier I: LALE – gnat 750.
- Tier II: MALE – MQ-1 Predator a MQ-9 Reaper.
- Tier II+: HALE – RQ-4 Global Hawk
- Tier III: HALE + požadavky na nízkou zjistitelnost bezpilotního letounu – RQ-3 DarkStar.

❖ **Třídy US Marine Corps:**

- Tier N/A: Micro UAV – Wasp III
- Tier I: v současnosti Dragon Eye, v budoucnu RQ-11B Raven B.
- Tier II: ScanEagle, RQ-2 Pioneer.
- Tier III: dříve Pioneer, v současnosti Shadow

❖ **Třídy US Army:**

- Tier I: Mini UAV (RQ-11A / B Raven).
- Tier II: Short Range Tactical UAV (RQ-7A / B 200 Shadow).
- Tier III: Medium Range Tactical UAV, v současnosti RQ-5A / MQ-5A / B Hunter a Ignat / Ignat-ER.

Zdroj [3]

[8] Rozdělení podle UVS (Unmanned Vehicle Systems) International -
(mezinárodní asociace pro bezpilotní letouny) - zahrnuje vojenské i civilní letouny

Zkratka:	Název kategorie:	Váha [kg]:	Dolet [km]:	Výška letu [m]:	Výdrž [hod]:
μ	Micro	< 5	<10	250	1
Mini	Mini	<25/30/150	<10	150/250/300	<2
CR	Close Range	25-150	10-30	3 000	2-4
SR	Short Range	50-250	30-70	3 000	3-6
MR	Medium Range	150-500	70-200	5 000	6-10
MRE	Multi Role Endurance	500-1 500	>500	8 000	10-18
LADP	Low Alt. Deep Penetration	250-2 500	>250	50-9000	0,5-1
LALE	Low Alt. Long Endurance	15-25	>500	3000	>24
MALE	Med. Alt. Long Endur.	1 000-1 500	>500	5/8 000	24-48
HALE	High Alt. Long Endur.	2 500-5 000	>2 000	20 000	24-48
Strato	Stratospheric	>2500	>2 000	>20 000	>48
EXO	Exo/stratospheric	-	-	>30 500	-
UCAV	Unmanned esign AV	>1000	+/- 1500	12 000	+/-2
LET	Lethal	-	300	4 000	3-4
DEC	Decoys	150-500	0-500	50-5 000	<4

Tab 8: Rozdělení podle UVS

	Zástupci
μ	LADF , Mite, Carolo C40, Wasp I , DragonSlayer
Mini	SensorCopter , Copter 1, Tracker, SkyLark I
CR	Rmax II , Luna, Camcopter, SkyLark II, Skyblade II, Silver Fox
SR	Vulture MK II, S-100, Sojka III , Fulmar, Phoenix, Pchela, Crecerelle
MR	Shadow 200, Sperwer, Ranger, FireScout , KZO, Hunter , Eagle Eye
MRE	Watchkeeper, Sperwer B, E-Hunter, Seeker II, Falco, Shadow 600
LADP	Carapas, CL 289, Nibbio
LALE	ScanEagle, Aerosonde Mk III, Libellule
MALE	Predator A , Eagle 1, Hermes 1500, A-160 Hummingbird, Heron TP , Altair, Predator B
HALE	EuroHawk , Global Hawk
Strato	
EXO	
UCAV	Corax, Sharc, Sky-X, Neuron , X-45A, X-46, X-47A , X-47B
LET	
DEC	

Tab 9: Zástupci kategorií

- Tučně zvýrazněné letouny jsou probrané v práci

Zdroj [9]

5 Jednotliví zástupci skupin

Vychází se z rozdělení organizace UVS, z něhož je vybráno několik zástupců. Jedná se o kategorie Micro UAV, Mini UAV, CR, SR, MR, LADP, LALE, MALE, HALE a UCAV.

5.1 Micro UAV (MAV)

5.1.1 Wasp (USA)

Wasp Micro-UAV (MAV) je ve vývoji americké společnosti AeroVironment pod DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency – Agentura pro výzkum pokročilých obraných projektů) zhruba od roku 1998, využívá zkušeností získaných během předchozích projektů (Black Widow). První byl vyvinut Wasp Block I, který je nejmenší, vývoj pokračoval většími a těžšími verzemi Block II a Block III. Do vzduchu se Wasp dostává hodem z ruky (výstřelem z praku), využívá létající křídlo, které je ze syntetických materiálů a ve kterém jsou ukryté baterie a tvoří jeho hlavní konstrukci. Díky tomu že je vodotěsný, umožňuje horizontální přistání nejen na zemi ale i na hladině vody. UAV je vybaven navigačním systémem GPS pro plně autonomní mise. Nicméně může být také plně ovládán pomocí stejného dálkového ovládání, které využívají jiná mini UAV od AeroVironment např. FQM-151 Pointer, RQ-11 Raven, Puma a RQ-14 Swift. Užitečné zatížení se skládá z přední a boční miniaturní elektrooptické video kamery. Typicky létá ve výšce 15-300 m nad zemí, kde je velmi obtížně objevitelné, protože má velmi malé rozměry a vydává nízkou úroveň hluku. V prosinci roku 2006 AeroVironment Wasp byl vybrán jako vítěz soutěže BATMAV (Battlefield Air Targeting Micro Air Vehicle). Wasp našla uplatnění u amerického námořnictva, námořní pěchoty a armády. Nejnovější verze Wasp Block III, který je postaven přímo pro USAF, byl optimalizován k efektivní hromadné výrobě, výbava zahrnuje např. noční vidění (IR). Navenek je výrazně odlišný od předchozích variant Wasp.

Tab. 10: Specifikace Wasp

Specifikace Wasp			
Verze	Wasp Block I	Wasp Block II	Wasp Block III
Délka [cm]	13	15	38
Rozpětí křídel [cm]	33	41	72
Váha [g]	170	275	430
Rychlost [km/h]	40-60	40-60	40-65
Dolet [km]		4	5
Výdrž [min]	107	40-60	45
Motor	Elektrický	Elektrický	Elektrický



Obr. 9: Wasp Block I



Obr. 10: Wasp Block II



Obr. 11: Wasp Block III

Zdroj [10]

5.1.2 Dragon Slayer (USA)

Dragon Slayer vyrábí americká firma Miraterre. Má odolné kompozitové tělo. Je v podstatě nezjistitelné zrakem v jakékoli výšce nad 100 m. Velmi nízká je i úroveň hluku, který vydává. Letadlo může být vypuštěno z jedoucího vozidla, plavidla nebo letadla, může operovat za každého počasí. Umožňuje automatické přistání. V současné době se pracuje na trupu prototypu, který by byl díky pokročilé CNC technologii výroby forem vyroben z jednoho kusu.

Tab. 11: Specifikace Dragon Slayer

Specifikace Dragon Slayer	
Rozpětí křídel [cm]	33
Váha [g]	300
Rychlost [km/h]	65
Výdrž [min]	35
Motor	Elektrický

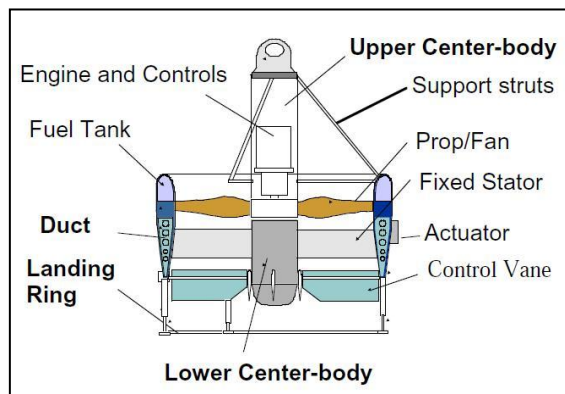


Obr. 12: Dragon Slayer

Zdroj [11]

5.1.3 iSTAR (USA)

iSTAR vyvinula americká firma Allied Aerospace, umožňuje vertikální vzlet a přistání (VTOL), využívá uspořádání LADF (Lift Augmented Ducted Fan), jedná se systém, kdy v dolní části je vrtule a regulací otáček letoun klesá či stoupá. Konstrukční koncept je jednoduchý a efektivní a využívá lehkých kompozitních materiálů. Tělo se skládá z vnějšího potrubí obklopující ventilátor systému, které zvyšuje účinnost pohonu. Tělo UAV tvoří podle obrázku čtyři hlavní části: vrchní střední tělo, dolní střední tělo, potrubí a přistávací prsten. Střed těla obsahuje avioniku, motor, statory pevných a pohyblivých lopatek, palivové nádrže jsou v přední části potrubí. Vyznačuje se velkou stabilitou a ovladatelností během všech fází letu. Nicméně existuje mnoho dalších výhod spočívající v návrhu iSTAR. Pokud jde o bezpečnost, potrubí zamezuje zaměstnancům nechtěný kontakt s vrtulí. Letoun má také velmi malé rozměry, což je výhodné pro ukládání, přepravu a operace, kde je omezený prostor jako jsou např. paluby lodí. Jednoduchost designu je další významnou výhodou, absence komplexních mechanických systémů vyplývajících z jiných vzorů VTOL (např. převodovky), čímž se snižuje cena a zvyšuje spolehlivost. Společnost v současné době pracuje na LADF o průměru 23 cm s hmotností přibližně 2kg, které vzniklo v rámci smlouvy s DARPA. První let iSTARu byl úspěšně proveden v říjnu 2000. UAV nese elektrooptickou kameru, zařízení pro přenos zvuku a infračervené senzory. Využití iSTARu je mnoho, vojenské aplikace zahrnují zpravodajství, sledování, cílová pořízení a průzkum, civilní aplikace zase plnění pohraniční stráže, inspekci mostů a policejní dozor. Americká armáda také zvažuje nasazení UAV spolu s UGV (Unmanned Ground Vehicles).



Obr. 13: Uspořádání LADF



Obr. 14: Použití iSTAR s UGV

Zdroj [12], [13]

5.2 Mini UAV

5.2.1 SensoCopter (Německo)

Byl vyvinutý německou firmou Diehl. Díky VTOL umožňuje snadné manévrování a to zejména v městském prostředí. Je vybavený GPS. Používá malé elektrooptické kamery schopné přenášet obraz za dne, ale i noci. Byl zkonstruován pro odběr vzorků vody nebo plynu. Všechna data uložená v řídicí jednotce, například souřadnice GPS, proletěná trasa, údaje ze senzorů (teplota, vzdušná vlhkost) jsou k dispozici po připojení k PC. Je ovládán přes standardní dálkové ovládání a pomocí video head-up displeje. Spodní část trupu



Obr. 15: SensoCopter

obsahuje klip na úchyty na podporu různých komerčně dostupných senzorů, není problém na něj připevnit i standartní CCD videokameru a digitální fotoaparát. K přistání využívá dvouprutový vrtulníkový podvozek z kompozitů. Maximální vzletová hmotnost je 1,1 kg. UAV sám váží 900 gramů, což umožňuje 200g pro náklad. Baterie umožňuje stroji 20 min letu a efektivní operační rádius přibližně 500 metrů.

Zdroj [14], [15], [16]

5.3 Close Range (CR)

5.3.1 Rmax II (Japonsko)

Bezpilotní vrtulník Rmax vyvinula japonská Yamaha známá především výrobou motocyklů a hudebních nástrojů. Historie tohoto UAV začala v roce 1983, kdy dostala Yamaha požadavek od japonského ministerstva zemědělství, lesnictví a rybolovu, na bezpilotní vrtulník pro postřik polí, který by pomohl snížit náklady na pracovní síly. V roce 1987 byl dokončen předchůzce Rmaxu, vrtulník R-50, jednalo se o první bezpilotní vrtulník s užitečným zatížením 20 kg na světě



Obr. 16: Rmax II

určený k rostlinnému práškování. Poháněn byl dvoutaktním motorem o obsahu 98 cc a výkonu 12 hp. Umožnil přístup k cenným plodinám v náročném terénu, které mohly být ošetřeny pesticidy a speciálními živinami. Vrtulník tak zastal práci, která byla dříve dělána ručně za extrémní náklady. V roce 1998 byl dokončen Rmax, ten s sebou přenesl zvýšení funkčnosti a provozuschopnosti. Dvoutaktní dvouválec o objemu 246 cc dával výkon 21 hp. Velkým průlomem se však Rmax stal díky svému kontrolnímu systému YACS (Yamaha Attitude Control System), díky kterému s ním mohli létat i „začátečníci“. Přidáním GPS Yamaha zjistila, že může pomocí fotografií z konkrétního místa velice přesně kontrolovat růst plodin. To vedlo k další modernizaci a v březnu 2003 se konečně začal prodávat model Rmax II, se kterým Yamaha dosáhla v této oblasti velkého

úspěchu. Vzhledem k počátečnímu účelu dnes není Rmax žádnou levnou záležitostí, ale jde o plnohodnotný letoun. Nejlevnější verze přijde na 86 000 \$, cena té dražší (schopnost pořizovat fotografie ze 100m) se pohybuje mezi 150 000 \$ a 230 000 \$. Avšak nejdražší, plně autonomní, která zahrnuje pozemní stanici, počítače, antény, 4 kamerové systémy atd., stojí 1 000 000 \$. V Rmaxu se ale skrývá velký potenciál, nejde jen o stroj sloužící k práškování pole, může být využit k pozorování, jako podpora při hlídání pobřeží pobřežní hlídky, ke sledování dění na ostrovech, při sledování rozsáhlého požáru. Velkou výhodou je schopnost VTOL a jeho malé rozměry.

Tab. 12: Specifikace Rmax II

Specifikace Rmax II		
Typ	Rmax II G (GPS)	Rmax II
Celková délka [cm] (včetně rotoru)	363	
Užitečné zatížení [kg]	28	31
Kap.chem nákladu [kg]	21	24
Maximální vzletová hmotnost [kg]	94	
Operační výška [m]	150	
Výdrž [min]	60	
Motor	dvoutaktní spalovací	

Zdroj [17], [18]

5.3.2 Silver Fox (USA)

Silver Fox byl vyvinut ONR (Office of Naval Research – Úřad pro námořní průzkum) v roce 2002, měl původně sloužit ke sledování velryb v námořních oblastech, kde by se mohly poranit při vojenských cvičeních. V lednu 2003 byl ONR požádán námořní pěchotou, aby začal rychle vytvářet Silver Fox systémy pro použití jako taktický RISTA (průzkum, zpravodajství, sledování a zjišťování cílů). Jeho konstrukce je modulární, díky tomu může být vybaven křídly různých velikostí, je poháněn malým pístovým motorem pocházejícím z modelů letadel. Vzlétá pomocí startovací kolejnicové rampy, která je přenosná a může být připevněna na palubách lodí, ponorek a střech obrněných nebo nákladních vozidel. Navigační systém umožňuje plně autonomní mise v délce až deseti hodin. Operační poloměr je kvůli radiovému dosahu 37 km. Současný Silver Fox je vybaven infračervenou a barevnou videokamerou s přiblížením, které posílají své snímky okamžitě na obrazovku operátora. Letoun může být ale vybaven také jinými snímači až do zaplnění svého užitečného zatížení.

Vývoj letounu v současné době pokračuje především v oblasti nových snímačů. Ty mohou zahrnovat biologické a chemické detektory a lepší kamerové systémy s automatickým nahráváním nebo vylepšenými zoomem. Pomocí záznamu dat by Silver Fox při plnění automatických misí mohl mít dolet v rozsahu až 290 km. Plánuje se, že pomocí upravených motorů na spalování nafty místo benzínu by se doba letu prodloužila až na 20 hodin.

Tab. 13: Specifikace Silver Fox Block 3



Obr. 17: Silver Fox

Specifikace Silver Fox Block 3	
Délka [m]	1,47
Rozpětí křídel [m]	2,4
Užitečné zatížení [kg]	2,27
Operační dolet [km]	37
Cestovní rychlost [km/h]	70-90
Maximální rychlost [km/h]	102
Maximální vzletová hmotnost [kg]	12,2
Operační výška [m]	150-365
Výdrž [hod]	10
Motor	Spalovací

Zdroj [19], [20]

5.4 Short Range (SR)

5.4.1 Sojka III (Česká republika)

Sojka III je lehký taktický bezpilotní letoun tuzemské výroby, který je využíván AČR pro vzdušný průzkum v reálném čase, sběr optických informací, monitorování dělostřelecké palby, rádiový průzkum, rušení rádiových vln nebo jako vzdušný terč (nosič infračervených zářičů) při nácviku střelby tepelně naváděnými raketami. Souprava je tvořena 4 vozidly: přepravním vozidlem se 4 bezpilotními prostředky, opravárenským a skladovacím zařízením, vozidlem s instalovanou startovací rampou, pozemním řídicím a vyhodnocovacím střediskem a malým terénním vozidlem.

Vzlet Sojky se provádí ze startovací rampy, pomocí raketového startovacího zařízení, který Sojce udělí potřebnou vzletovou rychlost. Přistání se provádí buď za pomoci padáku do rychlosti 20 m/s a výšky minimálně 100 m nebo přistáním na spodní části trupu, který je kvůli tomu patřičně vystužen. Letoun je vyroben z lehkých materiálů, ze skelného laminátu a uhlíkových kompozitních materiálů.



Tab. 14: Specifikace Sojka III

Obr. 18: Vzlet Sojky III ze start. Rampy

Specifikace Sojka III	
Délka [m]	3,78
Rozpětí křídel [m]	4,12
Užitečné zatížení [kg]	20-30
Taktický dolet [km]	60-100
Maximální vzletová hmotnost [kg]	145
Operační výška [m]	50-2 000
Výdrž [hod]	1-3
Motor	spalovací s rotačním p.

Zdroj [21], [22]

5.5 Medium Range (MR)

5.5.1 Fire Scout (USA)

Americká Northrop Grumman-Ryan Aeronautical dostala v únoru 2000 zakázku na taktické bezpilotní vozidlo umožňující VTOL, které by sloužilo americké US Navy a Marine Corps. A tak vznikl Fire Scout RQ-8, ten byl po úpravách v srpnu 2005



Obr. 19: Fire Scout RQ-8 a Black Hawk

přejmenován na Fire Scout MQ-8, který je multiúčelový. MQ-8 dostal místo 3 velkých listů rotoru 4 menší, se kterými je méně hlučný a unese více nákladu, může nést až 8 laserově naváděných raket. Kromě zbraní a základní výbavy (infračervené senzory, laserový dálkoměr / označovač) může přepravovat až 90 kg nákladu pro nouzové zásobování bojových jednotek.

Tab. 15: Specifikace Fire Scout

Specifikace FireScout	
Typ	RQ-8A/MQ-8A
Celková délka [m] (včetně rotoru)	7
Užitečné zatížení [kg]	275
Cestovní rychlost [km/hod]	201
Dolet [km]	230
Maximální rychlost [km/hod]	231,5
Maximální vzletová hmotnost [kg]	1 157/1 429
Maximální výška letu [km]	6,1
Výdrž [hod]	5-8
Motor	turbohřídelový

Zdroj [23], [24]

5.5.2 Hunter (USA/Izrael)

Hunter je společným projektem americké Northrop Grumman a izraelské IAI. Je schopen provádět následující úkoly: zobrazování v reálném čase, zpravodajství, odhad škod, usvědčování a sledování, zjišťování cílů a pozorování terénu. Hunter bývá využíván jak na domácí půdě, tak v zahraničních misích. Od roku 1999 byl nasazen v Makedonii na podporu ozbrojených sil NATO v Kosovu, od března 2003 potom v Iráku a od listopadu 2004 prováděl také pohraniční stráž Arizony. Hunter se existuje ve třech verzích: RQ-5A, MQ-5B a MQ-5C.

RQ-5A je určen k pozorování, je poháněn dvěma spalovacími motory o výkonu 60 hp, s těmito motory může vzlétat klasicky z rampy nebo pomocí systému RATO (Rocket-Assisted Take Off – pomocné raketové motory sloužící ke vzletu), toto řešení je užitečné zejména na malých lodích a v oblastech, kde je malý prostor. Přistát může na rovné dráze, travnatém pásu nebo silnici.

MQ-5B je multiúčelový, je schopný nést na křídlech laserově naváděné zbraně, je poháněn dvěma dieselovými motory, z nichž jeden slouží na push, druhý na pull. Ty umožňují delší provoz (12-15h) ve větších výškách (6100m).

Typ MQ-5C je největší a byl vyvinut pro delší výdrž ve vyšších letových výškách, dosahuje výdrže až 30 hodin.



Obr. 20: Hunter MQ-5B

Tab. 16: Specifikace Hunter

Specifikace Hunter			
Typ	RQ-5A	MQ-5B	MQ-5C
Délka [m]	7,01	7,01	7,5
Rozpětí křídel [m]	8,84	10,44	16,6
Operační dolet	200	200	200
Cestovní rychlost [km/h]	166		
Maximální vzletová hmotnost [kg]	725	820	997
Letová výška [m]	4 600	6 100	7 620
Výdrž [hod]	12	12-15	30
Motor	sp.benzín.	sp.diesel.	sp.diesel.

Zdroj [24], [26], [27]

5.6 Low Altitude Deep Penetration (LADP)

5.6.1 Nibbio (Itálie)

Nibbio je využitelný pro hloubkový, rychlý a nepozorovaný průzkum. Byl zkonstruován italskou Solex Galileo, může být spuštěn z letadla nebo odstartovat ze země nebo lodi pomocí dvou JATO (Jet-fuel Assisted Take Off - pomocné raketové motory sloužící ke vzletu) motorů ve dne v noci i za nepříznivých povětrnostních podmínek. Přistání lze provést na vodě nebo na zemi pomocí padáků, kdy chrání náklad a samotný letoun soustava airbagů. Nibbio může provádět tiché mise v plně automatickém režimu, nejsou nutné pozemní kontrolní stanice a všechny přípravy na mise lze provádět pomocí osobního počítače, což z něj dělá velice použitelný nástroj.

Tab. 17: Specifikace Nibbio

Specifikace Nibbio	
Délka [m]	4,1
Rozpětí křídel [m]	2,3
Užitečné zatížení [kg]	70
Taktický dolet [km]	400
Maximální rychlost [Mach]	0,84
Maximální vzletová hmotnost [kg]	360
Operační výška [m]	5-12 500
Motor	Proudový



Obr. 21: Nibbio

Zdroj [28]

5.7 Low Altitude Long Endurance (LALE)

5.7.1 Aerosonde (Austrálie) a Specto (Česká republika)

Aerosonda vyrobená australskou firmou AAI je multifunkční letoun, byla vyvinuta pro shromažďování meteorologických údajů, může sloužit také ekologickému nebo biologickému monitoringu anebo k tréninku. Vzlétá pomocí startovací rampy nebo vypuštěním z rychle jedoucího vozidla. Stala se ve své době nejmenším letadlem, které přeletělo přes Atlantský oceán. Aerosonda byla také první bezpilotní letadlo schopné vletět do tropických cyklónů. Pro spuštění a údržbu jsou požadovány 3 osoby, pro provoz potom stačí jedna pro 2 nebo 3 letadla. Křídla a dvojitý ocas lze snadno zvednout jedním prstem. Trup je vyroben z kompozitního materiálu (uhlíková vlákna a skelná pryskyřice), vypadá sice velmi křehce, ale je navržen tak, aby byl dostatečně pevný k letu do cyklónu.

Velmi konstrukčně podobný Aerosondě je letoun Specto vyvíjený na VUT Brno, využívá se k měření dynamických vlastností letounu. Pomáhá studentům magisterského a doktorandského studia zapojit se do praktické výuky.

Tab. 18: Specifikace Aerosonde Mark 2

Specifikace Aerosonde Mark 2	
Délka [m]	1,7
Rozpětí křídel [m]	2,9
Užitečné zatížení [kg]	5,3
Dolet [km]	3 000
Maximální rychlost [km/h]	75-110
Maximální vzletová hmotnost [kg]	14
Operační výška [m]	4 500
Výdrž [hod]	5-30
Motor	Spalovací



Obr. 22: Aerosonde na střeše vozidla

Tab. 19: Specifikace Specto

Specifikace Specto – orientační	
Délka [m]	2,28
Rozpětí křídel [m]	4,2
Prázdná hmotnost [kg]	12
Maximální vzletová hmotnost [kg]	20
Maximální rychlost [km/h]	150
Cestovní rychlost [km/h]	120
Výdrž [hod]	36
Motor	spalovací



Obr. 23: Specto

Zdroj [29], [30]

5.8 Medium Altitude Long Endurance (MALE)

5.8.1 Predator (USA)

Predator vznikl na základě poptávky od americké armády, žádán byl bezpilotní průzkumný letoun o velké vytrvalosti působící ve středních výškách s tím, že do budoucna by měl sloužit i jako nosič řízených střel. Vývoj započal v 80. letech americkou firmou General Atomics, úspěšně dokončen byl v roce 1994 a do sériové výroby přešel v roce 1997, je asi nejznámějším UAV vůbec.



Obr. 24: Vyzbrojený Predator B

Nejedná se však o jeden typ, původní označení se z RQ-1A v roce 2005 změnilo na MQ-1 (Predátor A) kvůli zdůraznění jeho mnohoúčelnosti. Je charakteristický svým protáhlým trupem a sdruženými ocasními plochami. Pro pohon využívá čtyřválcový motor Rotax 914, který pohání vrtuli umístěnou v zadní části letounu, jedná se o tzv. tlačné uspořádání. Standardní výbava obsahuje dvojici infračervených kamer a laserový značkovač cílů, ukrývá se v otočném kulovém pouzdru pod přídělí. Laserový značkovač cílů může být použit i pro navádění přesných zbraní jako jsou rakety Hellfire II, a tak se Predator stal velmi účinným systémem v celosvětovém boji proti terorismu, s úspěchem jsou nasazovány proti islámským radikálům na afghánsko-pákistánských hranicích. Používali se však i v Bosně, Iráku a při sledování hranice mezi Mexikem a USA. Charakteristiky Predátora předurčují pro vytrvalostní průzkum, a proto z něj byl odvozen letoun MQ-9 Reaper (Predator B), který je primárně určen pro útočné operace. V současné době se vyvíjí Predator C vybavený tryskovým motorem Pratt & Whitney PW 545, který stroji se jménem Avenger umožní dosáhnout rychlosti přes 700 km/h. Predatory využívá především americká USAF, ale také tajná služba CIA, britská RAF a objednala je i Itálie.



Obr. 25: Predator A



Obr. 26: Predator B

Tab. 20: Specifikace Predator

Specifikace Predator		
Typ	RQ-1A	MQ-9 Reaper
Celková délka [m]	8,25	10,97
Rozpětí křídel [m]	14,84	20,12
Dolet	741	5926
Maximální rychlost [km/h]	130	276
Maximální vzletová hmotnost [kg]	1020	4760
Letová výška [km]	7,62	15
Výdrž [hod]	40	14
Motor	čtyřválcový spal.	turbovrtulový

Zdroj [31], [32]

5.8.2 Heron TP (Izrael)

Heron TP byl vyvinut na základě programu IMOD (Israel Ministry of Defense – Izraelské ministerstvo obrany). Je navržen tak, aby mohl ve vysoké letové výšce (mimo dosah protivzdušné obrany protivníka) provádět mise trvající několik dní i za hranicemi státu. Jeho první let se uskutečnil v červenci 2006 v Izraeli. HERON TP je poháněn jedním turbovrtulovým motorem Pratt & Whitney Canada PT6A o výkonu 1 200 hp, vrtule má 4



Obr. 27: Heron TP

listy, díky použití toho motoru může létat ve výšce větší než 13 700 m, což znemožňuje nechtěný konflikt s komerčními letadly. Díky použití paliv a energetických zdrojů je Heron TP schopen udržet se v průběhu misí více než 36 hodin a to s plným nákladem užitečného zatížení. Letadlo může nést více než 1 000 kg senzorů v jeho přední části, kde je hlavní nákladový prostor. Ostatní náklad lze umístit do křídel nebo připevnit pod křídla.

Tab. 21: Specifikace Heron TP

Specifikace Heron TP	
Délka [m]	14
Rozpětí křídel [m]	26
Užitečné zatížení [kg]	1 000
Dolet [km]	1 000
Maximální rychlost [km/h]	200
Maximální vzletová hmotnost [kg]	4 650
Operační výška [m]	13 700
Výdrž [hod]	36
Motor	turbovrtulový

Zdroj [33]

5.9 High Altitude Long Endurance (HALE)

5.9.1 Global Hawk (USA) a Euro Hawk (USA, Německo)

Global Hawk byl původně vyvinut Northrop Grumman jako ACTD (Advanced Concept Technology Demonstrations – Moderní koncept technologických demonstrací) pro ověření jejich designu pro vysokou letovou výšku a dlouhou vytrvalost letu. Design byl koncipován pro uspokojení DARO (Defence Airborne Reconnaissance Office – Obranná výsadková průzkumná kancelář) v úmyslu poskytnout rozšířené průzkumné schopnosti nepřátelských sil ve dne nebo v noci bez ohledu na počasí. Kvůli tomu ve výbavě nechybí výkonné elektrooptické a infračervené senzory, které využívají jako společné optiky 10“ zrcadlový dalekohled, díky jemu pokryje Global Hawk plochu až 103 600 čtverečních kilometrů za 24 hodin. Křídla mají dostatek bodů pro připevnění až 1 000 liber nákladu na každé z nich. Letoun byl nasazen v Iráku, kde poskytl cenné informace o nepřátelských silách, jejich výzbroji a dopravních prostředcích. Global Hawk bude jistě nejvýznamnější UAV tohoto desetiletí pro zpravodajství, sledování a průzkum. V budoucnu se plánuje posílit jeho schopnosti shromažďování zpravodajských informací.

Euro Hawk je výsledkem spolupráce mezi německou EADS a americkou Northrop Grumman. Vzhledově se hodně podobá Global Hawk.

Tab. 22: Specifikace Euro Hawk a Global Hawk

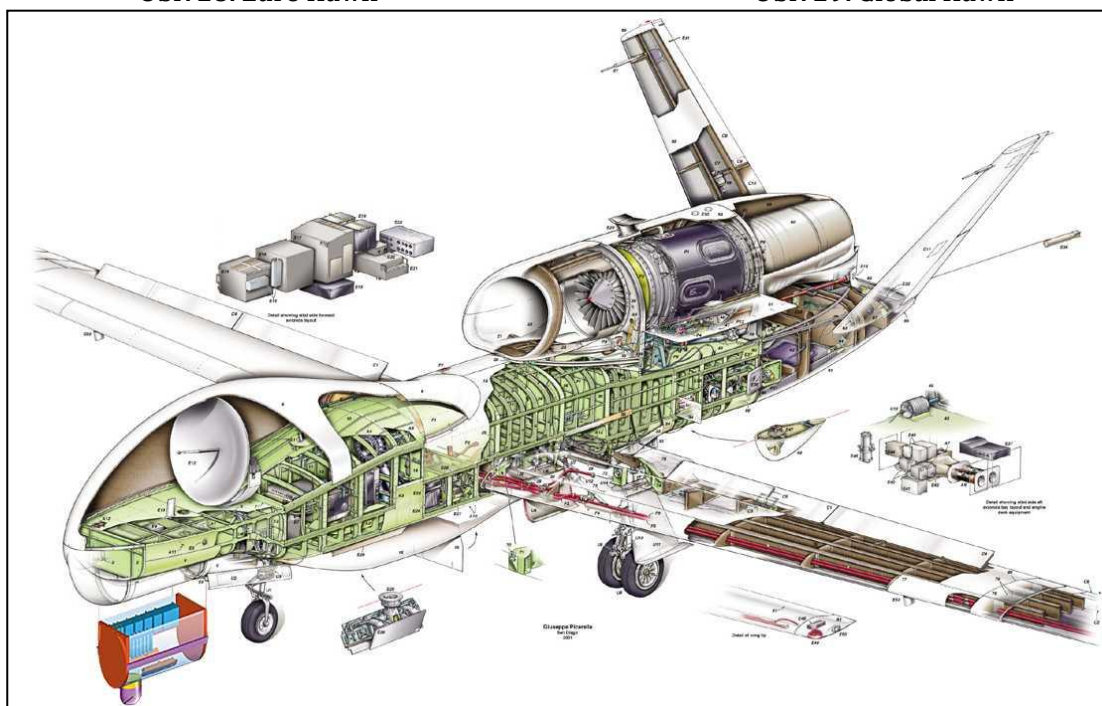
Specifikace	Euro Hawk	Global Hawk
Typ	RQ-4A	RQ-4B
Celková délka [m]	13,5	14,5
Rozpětí křídel [m]	35,4	39,9
Dolet [km]	22 236	5 926
Maximální rychlost [km/h]	648	574
Maximální vzletová hmotnost [kg]	11 612	14 630
Letová výška [km]	19,8	18,3
Výdrž [hod]	35	24
Motor	Proudový	proudový



Obr. 28: Euro Hawk



Obr. 29: Global Hawk



Obr. 30: Global Hawk v „řezu“

Zdroj [34], [35], [36]

5.10 UCAV

5.10.1 Neuron (Evropa)

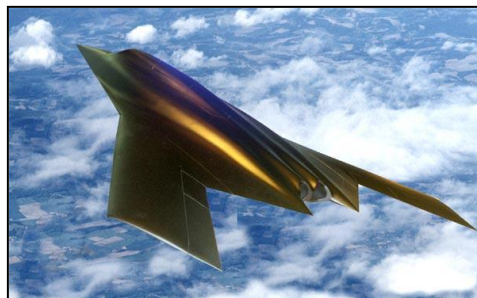
Neuron je evropský projekt bojového bezpilotního letounu. Neslouží ale pro bojové nasazení, ale jako vzor pro evropské výrobce leteckých technologií budoucích bojových letounů a bezpilotních prostředků. Na tomto projektu se od roku 2005 podílí Francie, Řecko, Itálie, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko. V únoru 2006 byla jako hlavní dodavatel návrhu vybrána francouzská DGA. První letové zkoušky se plánují na rok 2011 ve Francii následované testy ve Švédsku a Itálii.

Saab Aerosystems (Švédsko) je zodpovědný za celkový design, trup, avioniky palivového systému, řízení letu, letovou způsobilost, samostatnost, konstrukci, pozemní a letové zkoušky. Hai (Řecko) má na starosti motor, zadní části trupu a zkušební zařízení. EADS CASA (Španělsko) je zodpovědný za křídla, pozemní stanici a integraci dat link, Ruag (Švýcarsko) zase za zbraně a testování v aerodynamickém tunelu. Alenia

Aeronautica (Itálie) je pověřena rozvojem elektrizační soustavy a letovými zkouškami. Neuron bude schopný nést dvě laserem naváděné bomby o váze 250 kg.

Tab. 23: Specifikace Neuron

Specifikace Neuron	
Délka [m]	10
Rozpětí křídel [m]	12,5
Prázdná hmotnost [kg]	4 500
Maximální vzletová hmotnost [kg]	6 000
Rychlost [km/h]	0.7-0.8 Mach
Výdrž [hod]	několik hodin
Motor	Proudový



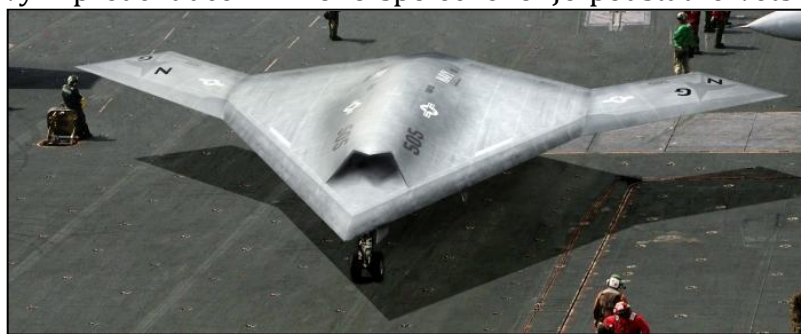
Obr. 31: Neuron

Zdroj [37]

5.10.2 Pegasus (USA)

Pegasus byl původně vyvinut na základě soukromého financování integrovaných systémů odvětví Northrop Grumman. V červnu 2001 dostal označení X-47A. DARPA oznámila založení programu J-UCAS (Joint Unmanned Combat Air Systems), na základě kterého vznikly návrhy pokročilejších verzí X-47B a X-47C. Letoun byl sestaven v červenci 2001 a první let X-47A byl úspěšně proveden v únoru 2003. Letoun vyhlíží robustně, využívá klasický tříkolový zatahovací podvozek, vzlétá klasicky a pro přistávání používá hákový lapač. Celokompozitová konstrukce vyvedená ve stealth designu je poháněna proudovým motorem Pratt & Whitney Canada JT15D-5C.

X-47B toho nemá se svým předchůdcem mnoho společného. Je podstatně větší, má silnější turbomotory P & W F100 a na první pohled podstatně přebudovanou konstrukci, oddíly vnějšího křídla a konfigurace oddílů sání / výfuku. Křídla jsou skládací ke snížení parkovací plochy na letadlové lodi.



Obr. 32: X-47B

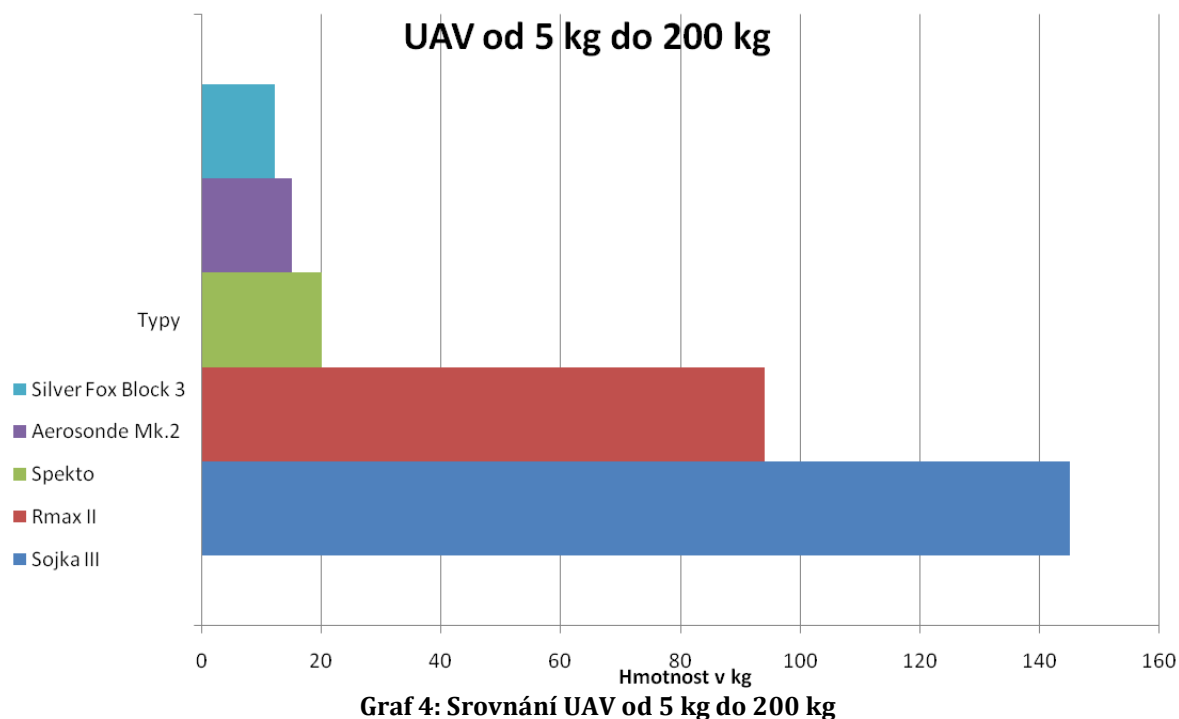
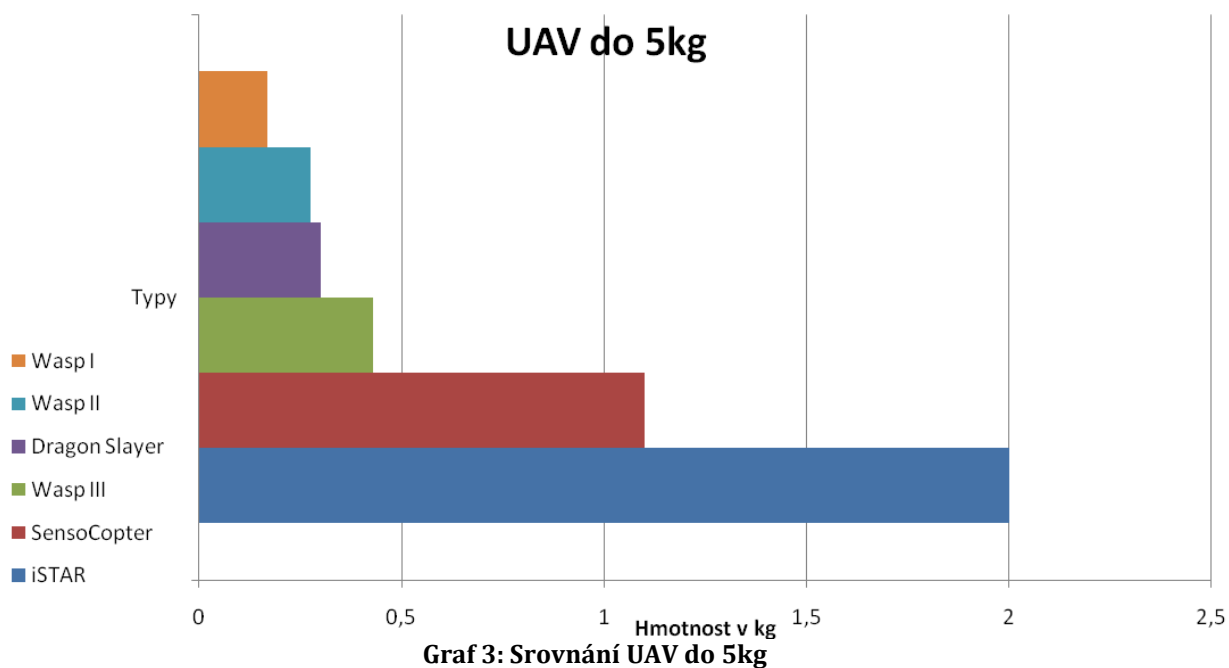
Tab. 24: Specifikace X-47

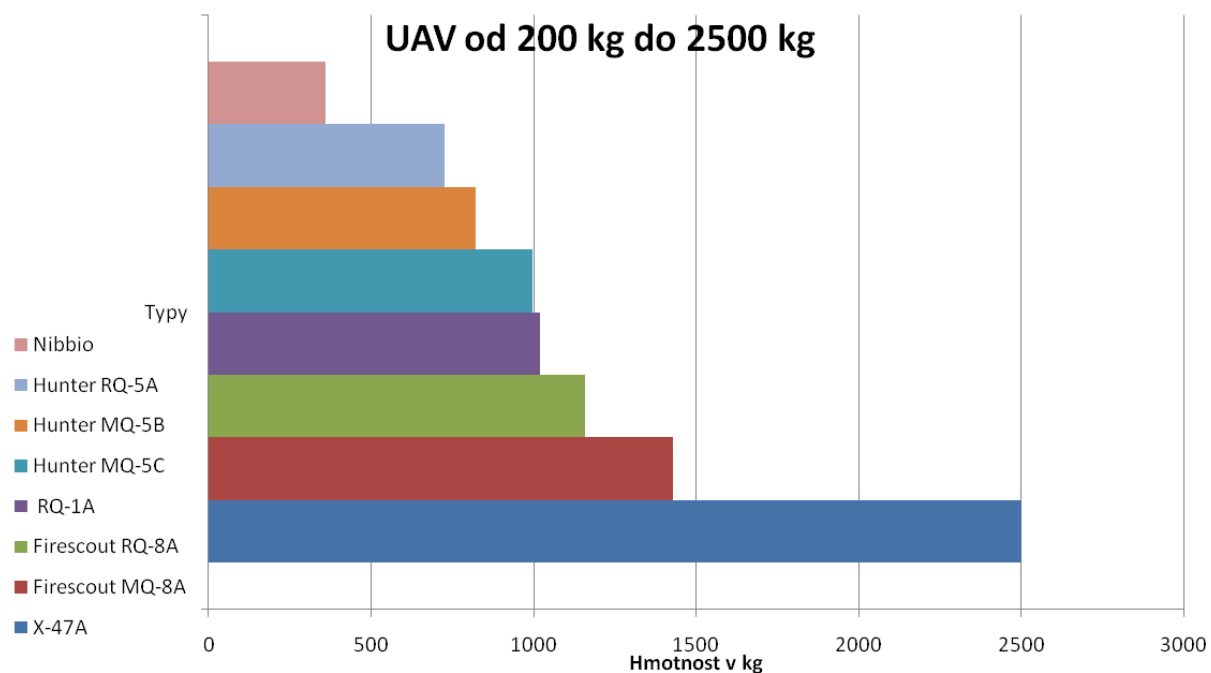
Specifikace X-47		
Typ	X-47A	X-47B
Délka [m]	8,5	11,6
Rozpětí křídel [m]	8,47	18,9
Dolet [km]	2 778	3 889
Rychlost	v.subsonická	v.subsonická
Maximální vzletová hmotnost [kg]	2 500	20 215
Letová výška [m]	>12 192	>12 192
Motor	proudový	proudový

Zdroj [38], [39]

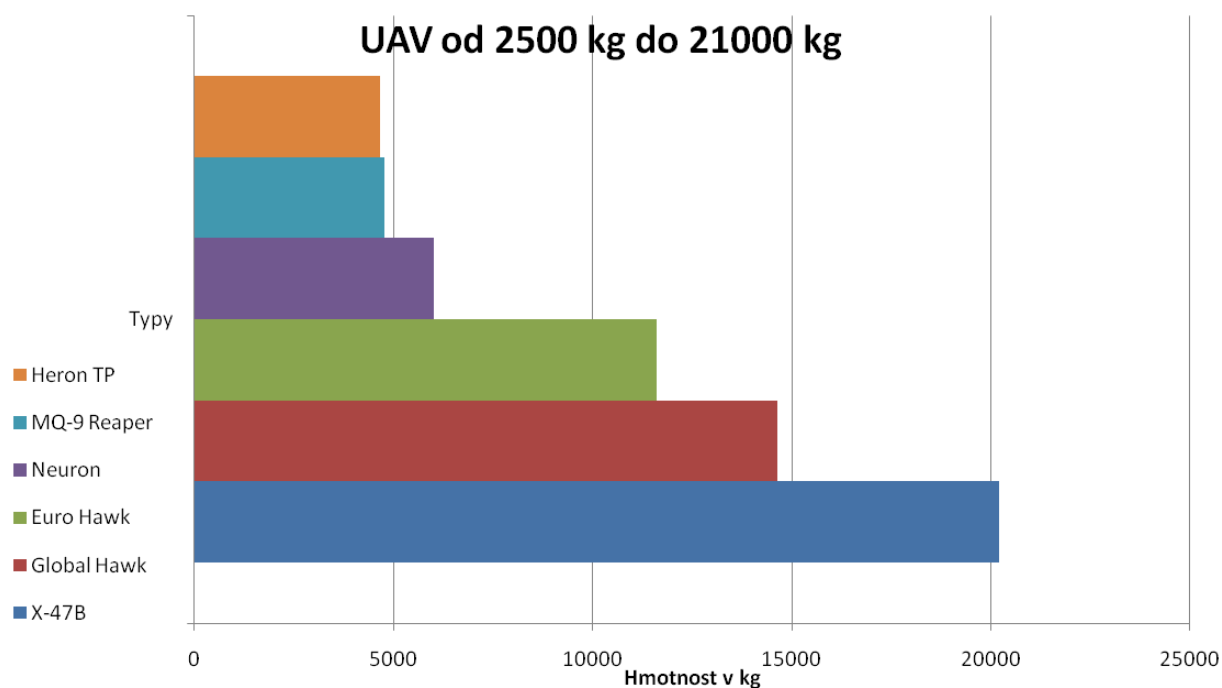
6 Srovnání

- V první části kapitoly jsou porovnání všichni vybraní zástupci kategorií UAV dle maximální vzletové hmotnosti.

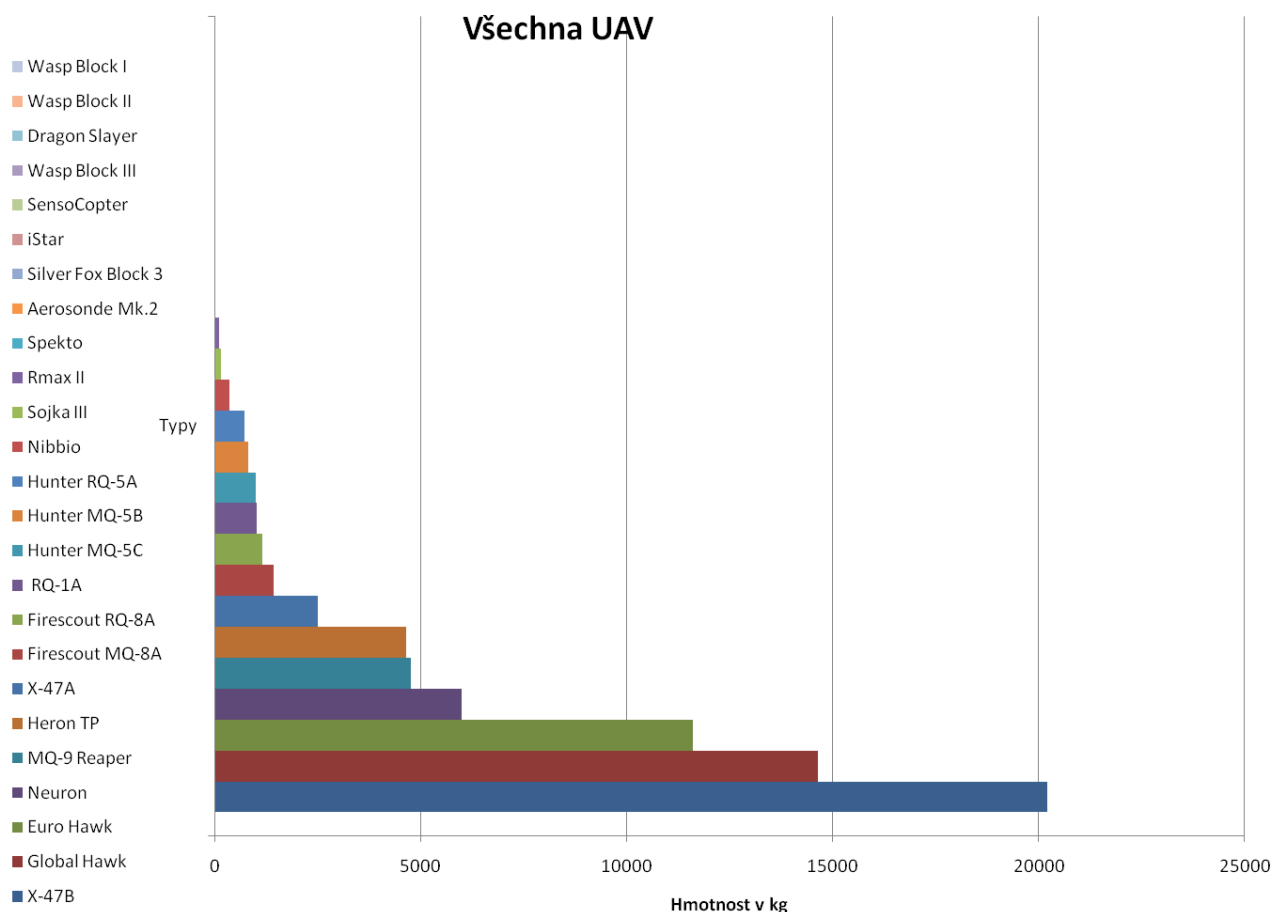




Graf 5: Srovnání UAV od 200 kg do 2 500 kg



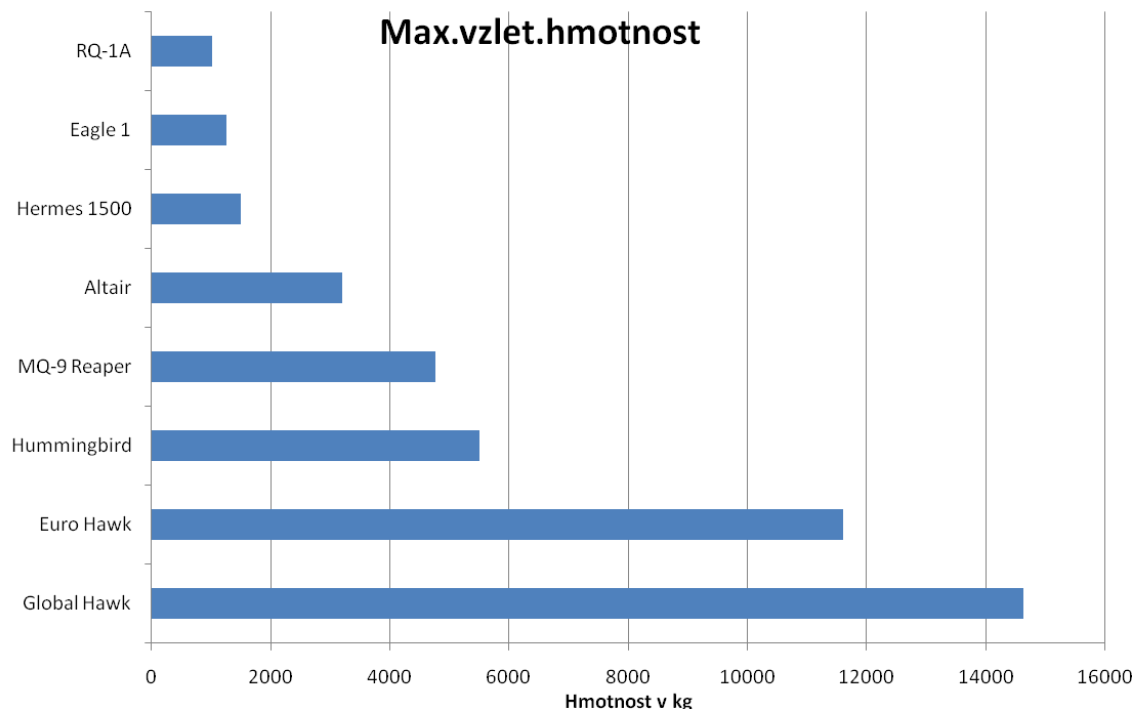
Graf 6: Srovnání UAV od 2 500 kg do 21 000 kg



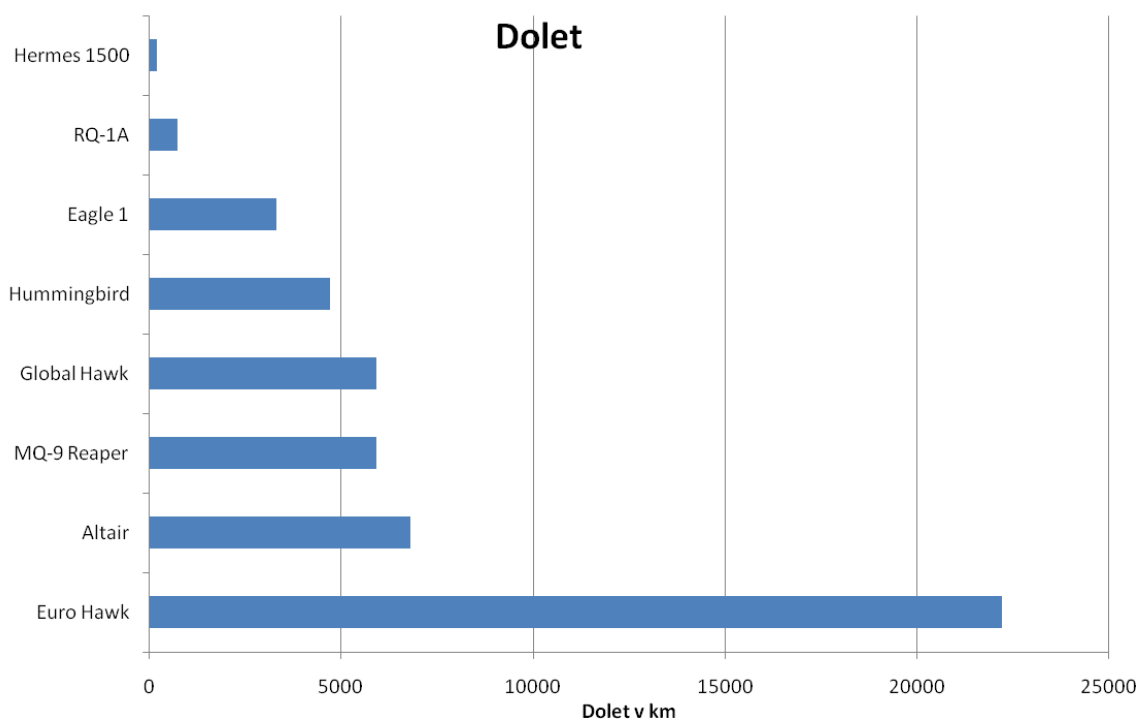
Graf 7: Srovnání hmotnosti všech popsaných UAV

- Z grafu je patrný extrémní rozdíl hodnot maximálních letových hmotností kategorií micro UAV (Wasp) a UCAV (X – 47B), rozdíl je tak veliký, že hodnota m. v. h. letounů Aerosonde Mark 2 a Specto není v grafu ještě vidět.

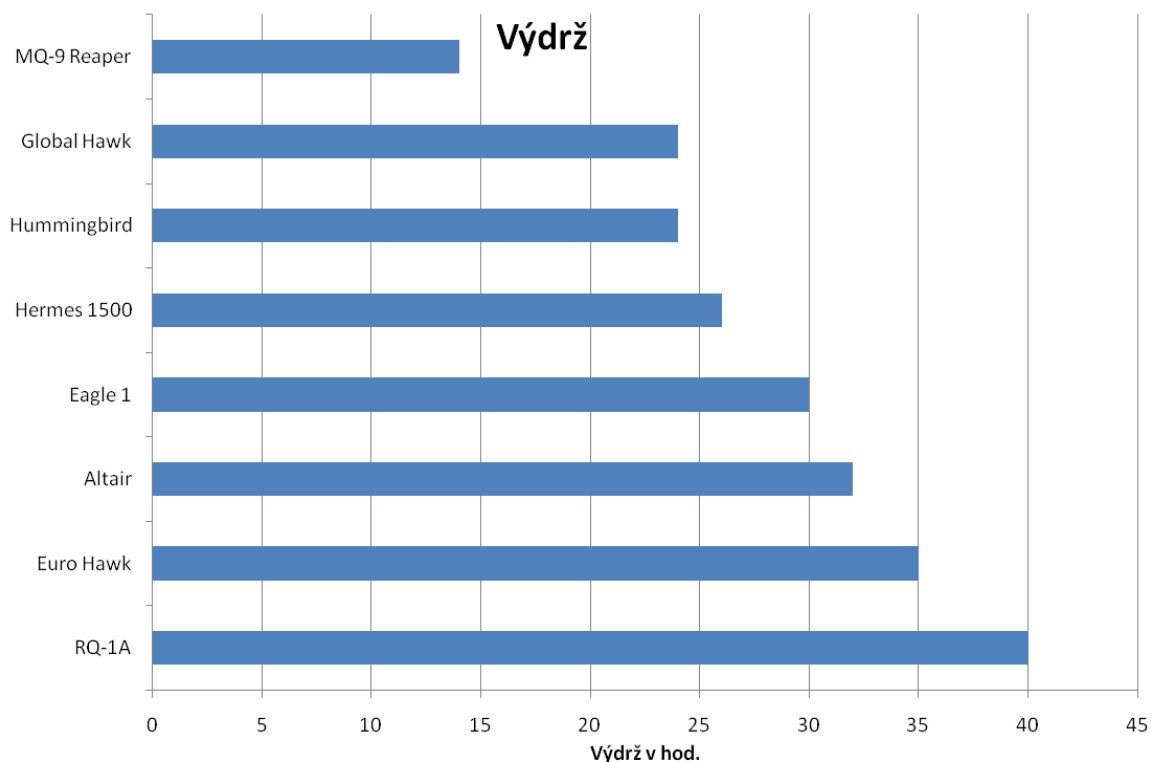
- V podrobnějším srovnání jsou pouze kategorie MALE a HALE, které disponují podobnými hodnotami letových charakteristik, proto je jejich porovnání v jednom grafu účelné.



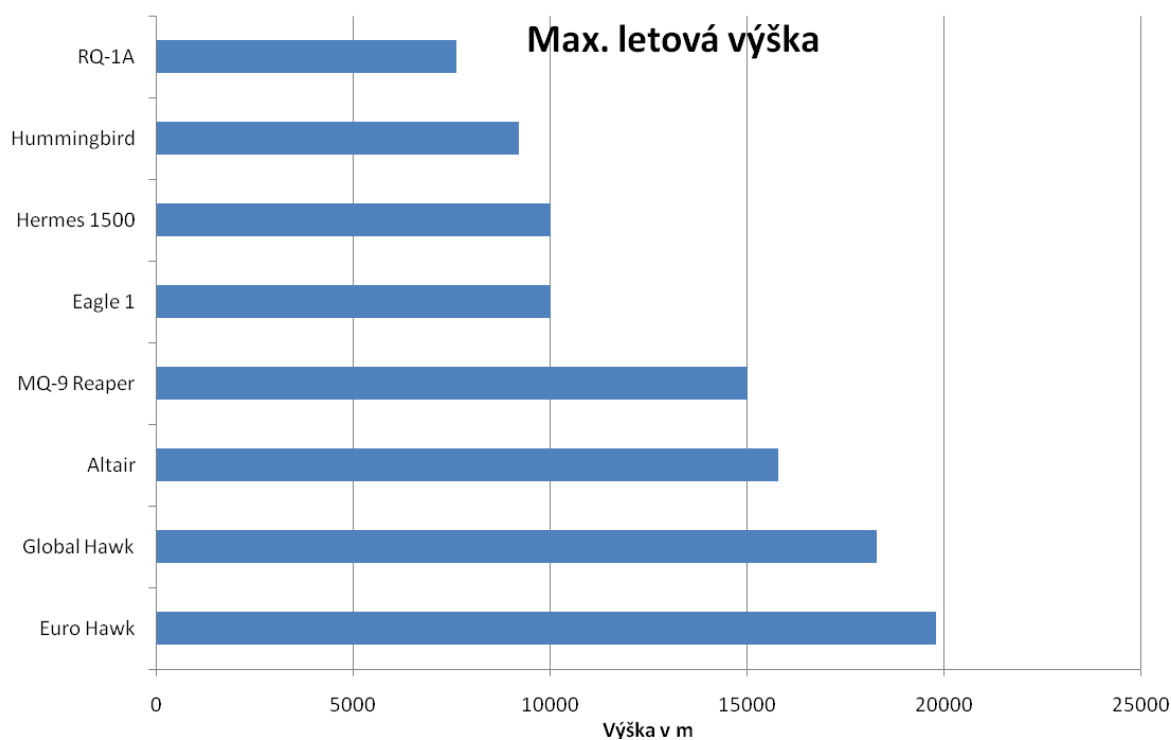
Graf 8: Srovnání hmotnosti



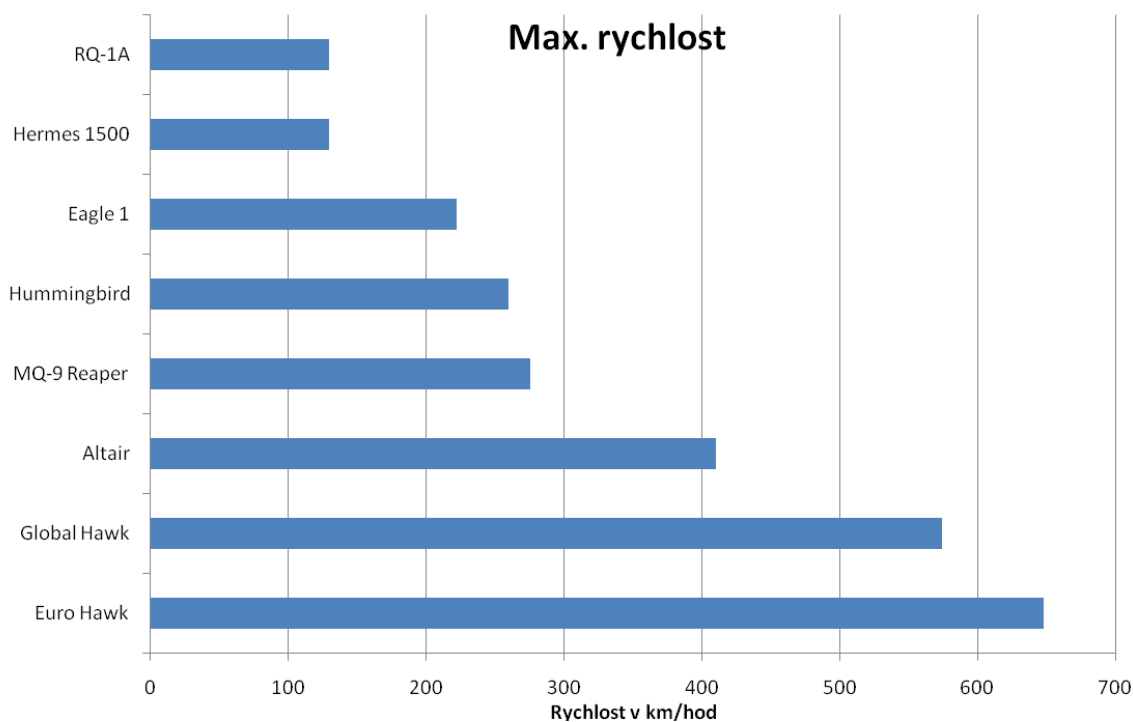
Graf 9: Srovnání doletu



Graf 10: Srovnání výdrže



Graf 11: Srovnání max.let výšky



Graf 12: Srovnání max. rychlosti letu

Tab. 25: Parametry zástupců MALE a HALE

Letoun	M. v. hm. [kg]	Dolet [km]	Výdrž [hod]	Max. let. výška [m]	Max. rych.[km/h]
Altair	3 200	6 800	32	15 800	410
Eagle 1	1 250	3 300	30	10 000	222
Euro Hawk	11 612	22 236	35	19 800	648
Global Hawk	14 630	5 926	24	18 300	574
Hermes 1500	1 500	200	26	10 000	130
Hummingbird	5 500	4 700	24	9 200	260
MQ-9 Reaper	4 760	5 926	14	15 000	276
RQ-1A	1 020	741	40	7 620	130

- Letouny kategorie HALE dosahují vyšších hodnot letových charakteristik. Jedinou výjimkou je Predator A (RQ-1A), který je svou větší výdrží překonává. Grafy mají pouze informativní charakter.

Nejrychlejší: D-21 (Mach 4)-USA



Obr. 33

Zajímavosti

Největší let. výška: Helios (96 500 ft)-USA

Největší (rozpětí křídel): Helios (246 ft)-USA



Obr. 34

Nejtěžší: RQ-4 Global Hawk
(25 600 lb)-USA



Obr. 35

Nejmenší (velikost/váha): Black Widow (6" průměru na 2.0 oz)-USA



Obr. 36

Nejdelší let (výdrž): Heron
(52 hodin)-Izrael



Obr. 37

První transatlantický let: Aerosonde
(20. - 21. 8. 1998)-USA



Obr. 38

Nejdelší let (vzdálenost): RQ-4 Global Hawk (8 580 mil) - USA

Nejdražší: RQ-4 Global Hawk (40 mil. \$)-USA

První transpacifický let: RQ-4 Global Hawk (22. - 23. 2001) - USA

Zdroj [5]

Závěr

V bakalářské práci byl vytvořen přehled bezpilotních letounů, jejich historický vývoj, přehled zemí, které se jejich výrobou zabývají a provozují je. Z tohoto přehledu zemí vyplývá, že USA je jejich největším výrobcem a uživatelem na světě. Dále je zde uvedeno podrobné dělení do kategorií dle různých kritérií, kterému je věnována značná část práce. Letouny jsou tříděny dle zdrojů informací do několika kategorií. Za nejkomplexnější způsob dělení je možné považovat dělení dle Mezinárodní asociace pro bezpilotní letouny (UVS International). USA a jeho armádní složky mají své zvláštní kategorie. V závěru práce je porovnání všech popsanych letounů podle hmotnosti a srovnání kategorií MALE a HALE podle jejich letových charakteristik.

Práce může posloužit jako jeden z výchozích zdrojů pro podrobnější studium jednotlivých kategorií bezpilotních prostředků. Obsahuje odkazy na další zajímavé práce nebo internetové zdroje zaměřené na jednotlivé typy nebo kategorie UAV.

Seznam použitých zdrojů:

Knižní zdroje:

- [1] DALY, Mark. *Unmanned Aerial Vehicles and Targets*. UK : Jane, 2007. 708 s.

Internetové stránky:

- [2] *Wikipedie.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-14]. Bepilotní letoun. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpilotn%C3%AD_letoun>.
- [3] *Wikipedia.org* [online]. 2010 [cit. 2010-05-14]. Unmanned aerial vehicle. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle>.
- [4] VISINGR, Lukáš. *Bezpilotní vzdušné prostředky* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. Lvisingr.czweb.org. Dostupné z WWW: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p9thPFQdXEOj:lvisingr.czweb.org/stazeni/atm/uav.rtf+historie+UAV&cd=9&hl=cs&ct=clnk&gl=cz&lr=lang_cs>.
- [5] *Pbs.org* [online]. 2002 [cit. 2010-05-14]. Time Line of UAVs. Dostupné z: <<http://www.pbs.org/wgbh/nova/spiesfly/uavs.html>>.
- [6] ARJOMANDI, Maziar. *THE UNIVERSITY OF ADELAIDE* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. CLASSIFICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES. Dostupné z WWW: <<http://www.mecheng.adelaide.edu.au/~marjom01/Aeronautical%20Engineering%20Projects/2006/group9.pdf>>.
- [7] *Doplňující informace ÚCL k návrhu Doplnku X leteckého předpisu L 2* [online]. Praha: ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ, 2006 [cit. 2010-05-14]. Dostupné z WWW: <http://www.volny.cz/pavel.macek/regulace/UCL_soubory/Doplnujici_informace.pdf>.
- [8] ZÁBOJNÍK, Zdeněk. Kategorie amerických bezpilotních letadel. *Blok.idnes.cz* [online]. 2010, 1, [cit. 2010-05-14]. Dostupný z WWW: <<http://zabojnik.blog.idnes.cz/c/123962/Kategorie-americkych-bezpilotnich-letadel.html>>.
- [9] *UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2008 [cit. 2010-05-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.uav-info.com/uav-pdf/uav-categories.pdf>>.
- [10] *Directory of U.S. Military Rockets and Missiles* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. AeroVironment Wasp. Dostupné z WWW: <<http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html>>.
- [11] *Miraterre Flight Systems* [online]. 2006 [cit. 2010-05-22]. Miraterre Dragon Slayer. Dostupné z WWW: <<http://www.miraterre.com/products.html>>.

- [12] *Defense Update* [online]. 2005 [cit. 2010-05-22]. ISTAR VTOL Miniature UAV. Dostupné z WWW: <<http://defense-update.com/products/i/istar-uav.htm>>.
- [13] LIPERA, Larry. *The Micro Craft iSTAR Micro Air Vehicle: Control System Design and Testing* [online]. San Diego, CA : American Helicopter Society International, Inc., 2001 [cit. 2010-05-22]. Dostupné z WWW: <<http://users.cecs.anu.edu.au/~mcrotk/publications/ahs01.pdf>>.
- [14] *Military Suppliers & News* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. SensoCopter - Unmanned Aerial System (UAS). Dostupné z WWW: <<http://www.armedforces-int.com/article/unmanned-aerial-systems.html>>.
- [15] SHACHTMAN, Noah . *Wired* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. China's New Robo-Copters: Illegal?. Dostupné z WWW: <http://www.wired.com/dangerroom/2007/02/chinas_new_robo/>.
- [16] *Diehl BGT Defence* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. SensoCopter. Dostupné z WWW: <http://www.diehl-bgt-defence.de/fileadmin/static/upload/dbd/sensocopter_flyer.pdf>.
- [17] HANLON, Mike . *Gizmag* [online]. 2004 [cit. 2010-05-22]. Yamaha's RMAX - the worlds most advanced non-military UAV. Dostupné z WWW: <<http://www.gizmag.com/go/2440/>>.
- [18] *BARNARD MICROSYSTEMS LIMITED* [online]. 2006 [cit. 2010-05-22]. The Yamaha RMAX Type II G unmanned helicopter. Dostupné z WWW: <http://www.barnardmicrosystems.com/L4E_rmax.htm>.
- [19] *BAE SYSTEMS* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. Silver Fox UAV. Dostupné z WWW: <<http://www.acrtucson.com/UAV/silverfox/index.htm>>.
- [20] PARSCH, Andreas. *Directory of U.S. Military Rockets and Missiles* [online]. 2006 [cit. 2010-05-22]. Silver Fox. Dostupné z WWW: <<http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/silverfox.html>>.
- [21] PARSCH, Andreas. *Directory of U.S. Military Rockets and Missiles* [online]. 2004 [cit. 2010-05-22]. Armáda České republiky. Dostupné z WWW: <<http://www.acr.army.cz/scripts/detail.php?id=5065>>.
- [22] *Sojka III* [online]. Praha : VTÚL a PVO o. z., 2004 [cit. 2010-05-22]. Dostupné z WWW: <http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/kuzdas.pdf>.
- [23] *Naval technology.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Fire Scout VTUAV Unmanned Aerial Vehicle, USA. Dostupné z WWW: <<http://www.naval-technology.com/projects/firescout/>>.
- [24] *Letectví.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Americká armáda zrušila projekt Fire Scout. Dostupné z WWW: <<http://www.letectvi.cz/letectvi/Article68921.html>>.

-
- [25] *Army technology.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Hunter RQ-5A / MQ-5B/C Tactical Unmanned Aerial Vehicle, USA/Israel. Dostupné z WWW: <<http://www.army-technology.com/projects/hunter/>>.
- [26] PARSCHE, Andreas. *Directory of U.S. Military Rockets and Missiles* [online]. 2005 [cit. 2010-05-22]. Northrop Grumman (TRW/IAI) BQM-155/RQ-5/MQ-5 Hunter. Dostupné z WWW: <<http://www.designation-systems.net/dusrm/m-155.html>>.
- [27] *Army technology.com* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. Hunter RQ-5A / MQ-5B/C Tactical Unmanned Aerial Vehicle, USA/Israel. Dostupné z WWW: <<http://www.army-technology.com/projects/hunter/>>.
- [28] *Selex galileo* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. NIBBIO. Dostupné z WWW: <http://www.selex-sas.com/EN/Common/files/SELEX_Galileo/Products/NIBBIO.pdf>.
- [29] *ATS GREECE* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Aerosonde Unmanned Aircraft. Dostupné z WWW: <http://www.atsgreece.gr/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=33&Itemid=48>.
- [30] WORTHINGTON, Tom. *Tomw.net.au* [online]. 1999 [cit. 2010-05-22]. Aerosonde Robotic Aircraft. Dostupné z WWW: <<http://www.tomw.net.au/travel/ara/index.html>>.
- [31] *Věda a technika* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Bepilotní průzkumné letouny 1. Dostupné z WWW: <<http://veda-technika.blogspot.com/2009/07/bezpilotni-pruzkumne-letouny-1.html>>.
- [32] ŠVAMBERK, Alex. *Novinky.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Bepilotní letouny Predator. Dostupné z WWW: <<http://tema.novinky.cz/bezpilotni-letouny-predator>>.
- [33] *Defense Update* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Heron TP (Eitan). Dostupné z WWW: <<http://defense-update.com/products/e/eitan-UAV.htm>>.
- [34] PARSCHE, Andreas. *Directory of U.S. Military Rockets and Missiles* [online]. 2008 [cit. 2010-05-22]. Northrop Grumman (Teledyne Ryan) RQ-4 Global Hawk. Dostupné z WWW: <<http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-4.html>>.
- [35] *Spyflight.co.uk* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Northrop Grumman RQ-4A Global Hawk. Dostupné z WWW: <<http://www.spyflight.co.uk/Global%20Hawk.htm>>.
- [36] *Northrop Grumman* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. EURO HAWK. Dostupné z WWW: <http://www.northropgrumman.com/isr/assets/Euro-Hawk_Brochure.pdf>.

- [37] *Army technology.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Neuron - Unmanned Combat Air Vehicle Demonstrator, Europe. Dostupné z WWW: <<http://www.airforce-technology.com/projects/neuron/>>.
- [38] *Airforce-technology.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. X-47 Pegasus Naval Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV-N), USA. Dostupné z WWW: <<http://www.airforce-technology.com/projects/x47/>>.
- [39] PARSCHE, Andreas. *Directory of U.S. Military Rockets and Missiles* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Northrop Grumman X-47 Pegasus. Dostupné z WWW: <<http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/x-47.html>>.

Zdroje obrázků:

- [40] Obr. 1: <http://outofcentralasianow.files.wordpress.com/2009/12/predator-b-ymq-9a-general-atomics-photo.jpg>
- [41] Obr. 2: <http://www.pprune.org/military-aircrew/411330-drone-drivers-guide.html>
- [42] Obr. 3: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radioplane_OQ-2A_USAF.jpg
- [43] Obr. 4: http://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Firebee
- [44] Obr. 5: <http://www.samoanews.com/index.php?edition=1261130400>
- [45] Obr. 6: http://www.bukisa.com/articles/112333_deadly-uavs-of-modern-warfare
- [46] Obr. 7: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MQ-8B_Fire_Scout.jpeg
- [47] Obr. 8: <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/mach.html>
- [48] Obr. 9: http://www.livingroom.org.au/uavblog/archives/wasp_micro_air_vehicle_mav.php
- [49] Obr. 10: <http://chem11.proboards.com/index.cgi?board=technosphere&action=print&thread=2023>
- [50] Obr. 11: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html>
- [51] Obr. 12: <http://www.miraterre.com/products.html>
- [52] Obr. 13: <http://defense-update.com/products/i/istar-uav.htm>
- [53] Obr. 14: <http://sites.google.com/site/stingrayslistofrotorcraft/allied-aerospace--microcraft-istar-oav>
- [54] Obr. 15: <http://www.armedforces-int.com/article/unmanned-aerial-systems.html>
- [55] Obr. 16: <http://www.gizmag.com/go/2440/picture/3592/>
- [56] Obr. 17: http://www.acrtucson.com/UAVgallery/silverfox/CND_ALIX.html
- [58] Obr. 18: http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/kuzdas.pdf
- [59] Obr. 19: <http://www.naval-technology.com/projects/firescout/firescout2.html>
- [60] Obr. 20: <http://www.defenseindustrydaily.com/Task-Force-ODIN-In-the-Valleys-of-the-Blind-05250/>
- [61] Obr. 21: http://www.selexsas.com/EN/Common/files/SELEX_Galileo/Products/NIBBIO.pdf
- [62] Obr. 22: http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2006/2005_earthsci_highlights.html

- [63] Obr. 23: Materiály VUT Brno
- [64] Obr. 24: <http://veda-technika.blogspot.com/2009/07/bezpilotni-pruzkumne-letouny-1.html>
- [65] Obr. 25: http://www.hdwallpapers.in/mq_1_predator-wallpapers.html
- [66] Obr. 26: <http://defense-update.com/products/p/predatorB.htm>
- [67] Obr. 27: http://nationalpride.files.wordpress.com/2009/12/heron_tp11.jpg
- [68] Obr. 28: <http://www.defenseindustrydaily.com/cat/aircraft/page/99/>
- [69] Obr. 29: <http://www.abovetopsecret.com/forum/thread541460/pg2>
- [70] Obr. 30: <http://idiomsgallery.blogspot.com/>
- [71] Obr. 31: http://www.thelivingmoon.com/45jack_files/03files/Black_Aircraft_NEURON_001.html
- [72] Obr. 32: <http://forums.techguy.org/tech-related-news/883419-u-s-air-force-reveals.html>
- [73] Obr. 33: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:D21-070308.jpg>
- [74] Obr. 34: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helios_in_flight.jpg
- [75] Obr. 35: <http://www.technologyblog.us/2009/07/>
- [76] Obr. 36: <http://www.draganfly.com/news/2008/08/26/an-introduction-to-mavs-miniature-uavs/>
- [77] Obr. 37: <http://www.airshow.net.au/avalon2009/exhibitors/uavsymposium.html>
- [78] Obr. 38: <http://www2.hawaii.edu/~jmaurer/uav/>

Seznam použitých zkratek:

ACTD	-	Advanced Concept Technology Demonstrations
AČR	-	Armáda České republiky
CR	-	Close Range
DARPA	-	Defense Advanced Research Projects Agency
HALE	-	High Alt. Long Endur.
IAI	-	Israel Aircraft Industry
IMOD	-	Israel Ministry of Defense
ISTAR	-	Intelligence Surveillance Target Acquisition and Reconnaissance
JATO	-	Jet-fuel Assisted Take Off
LADF	-	Lift Augmented Ducted Fan
LALE	-	Low Alt. Long Endurance
LAPT	-	Low Alt. Deep Penetration
MALE	-	Medium Alt. Long Endur.
MAV	-	Micro Air Vehicle
MR	-	Medium Range
MRE	-	Multi Role Endurance
ONR	-	Office of Naval Research
RATO	-	Rocket-Assisted Take Off
SR	-	Short Range
UAV	-	Unmanned Aerial Vehicle
UCAV	-	Unmanned Combat Aerial Vehicle
ÚCL	-	Úřad pro civilní letectví
UGV	-	Unmanned Ground Vehicles
USAF	-	United States Air Force
VTOL	-	Vertical Take-Off and Landing
YACS	-	Yamaha Attitude Control Systém